



НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ  
ЦЕНТР ГИГИЕНЫ

Сборник материалов  
международной  
научно-практической  
конференции  
«Здоровье и окружающая среда»

23–24 ноября 2023 года  
г. Минск

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ГИГИЕНЫ»  
ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
«БЕЛОРУССКОЕ НАУЧНОЕ ОБЩЕСТВО ГИГИЕНИСТОВ»

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
«ЗДОРОВЬЕ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»

23–24 ноября 2023 года, г. Минск

Минск  
Издательский центр БГУ  
2023

УДК 613/614(06)  
ББК 51.2я431  
С23

Рекомендовано  
Ученым советом республиканского унитарного предприятия  
«Научно-практический центр гигиены»  
(протокол № 8 от 4 декабря 2023 г.)

Главный редактор — кандидат медицинских наук, доцент *С.И. Сычик*  
Ответственный редактор — кандидат медицинских наук *С.Л. Итпаева-Людчик*  
Редактор — *Н.Н. Каранкевич*  
Технический редактор — *Т.И. Вершило*

Редакционная коллегия:

С.И. Сычик, к.м.н., доцент; С.Л. Итпаева-Людчик, к.м.н.; Н.В. Дудчик, д.б.н., профессор;  
В.В. Шевляков, д.м.н., профессор; И.В. Арбузов; Л.Л. Бельшева; Р.В. Богданов, к.м.н.;  
А.М. Бондарук, к.м.н.; Н.В. Буневич, к.хим.н.; В.М. Василькевич, к.м.н.; Н.А. Грекова;  
В.А. Грынчак, к.м.н.; Е.В. Дроздова, к.м.н., доцент; О.М. Жукова, к.техн.н., доцент;  
В.А. Зайцев, к.м.н., доцент; А.В. Зеленко, к.м.н.; Н.А. Ивко, к.б.н.; И.И. Ильюкова, к.м.н.;  
А.А. Кузовкова, к.б.н.; Е.В. Николаенко, к.м.н.; С.Ю. Петрова, к.м.н.; Е.И. Полянских, к.хим.н.;  
Т.Н. Пронина, к.м.н.; В.В. Соловьев; Н.Н. Табелева, к.м.н.; Е.В. Федоренко, к.м.н., доцент;  
Н.В. Цемборевич, к.м.н.; В.Г. Цыганков, к.м.н., доцент; В.А. Шарамков

**Сборник** материалов международной научно-практической конференции «Здоровье  
и окружающая среда» (Минск, 23–24 ноября 2023 г.) / М-во здравоохранения Республики Беларусь. Науч.-практ.  
центр гигиены ; редкол.: С.И. Сычик (гл. ред.). – Минск : Изд. центр БГУ, 2023. — 642 с.: ил.  
ISBN 978-985-553-792-3.

В сборнике освещены актуальные проблемы профилактической медицины, в том числе по гигиенической оценке воздействия факторов среды обитания человека и анализу рисков здоровью, радиационной безопасности, медицине труда и профессиональной патологии, гигиене детей и подростков, профилактической, экологической и промышленной токсикологии, мониторингу факторов среды обитания человека и методам аналитического лабораторного контроля, а также актуальные вопросы теории и практики государственного санитарного надзора.

Издание рассчитано на врачей-гигиенистов, врачей-токсикологов, врачей-профпатологов, работников практических учреждений системы здравоохранения, научных сотрудников учреждений медико-биологического профиля, профессорско-преподавательский состав, аспирантов, докторантов, студентов высших учебных заведений и учреждений последипломного образования, других специалистов.

УДК 613/614(06)  
ББК 51.2я431

ISBN 978-985-553-792-3

© Составление. Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», 2023  
© Оформление. РУП «Издательский центр БГУ», 2023

## Раздел 1

# ФАКТОРЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ. СТАТЬИ

### ВЫЯВЛЕНИЕ СЛУЧАЕВ ВИЧ-ИНФЕКЦИИ В КЛИНИЧЕСКИ ПРОДВИНУТОЙ СТАДИИ СРЕДИ ЖИТЕЛЕЙ БАРАНОВИЧСКОГО РЕГИОНА ЗА ПЕРИОД 2013–2022 ГГ.

*Анискевич О. Р., viola@brest.by,  
Александрович В. В., viola@brest.by,  
Сонова Л. П., viola@brest.by*

Государственное учреждение «Барановичский зональный центр гигиены и эпидемиологии», г. Барановичи, Республика Беларусь

На территории Барановичского региона, который представлен городом Барановичи с численностью населения 172 150 человек и Барановичским районом с численностью населения 27 664 человека, по состоянию на 01.07.2023 число людей, живущих с ВИЧ, составляет 183. За весь период регистрации в регионе по состоянию на 01.07.2023 от ВИЧ умерло 73 человека, кумулятивное число по состоянию на 01.07.2023 составляет 273. Показатель распространенности на 01.07.2023 по региону составляет 91,65 на 100 тысяч населения, что ниже среднего по Брестской области (146,1 на 100 тысяч населения) и по Республике Беларусь (267,9 на 100 тысяч населения). К наиболее эффективным мерам профилактики распространения ВИЧ-инфекции относятся раннее выявление ВИЧ-инфицирования и уведомление ВИЧ-позитивного лица о его статусе. Во всех организациях здравоохранения региона (как государственной, так и негосударственной формы собственности) организованы и реализуются система выявления ВИЧ-маркерных заболеваний (состояний), дотестовое консультирование и направление пациентов на лабораторное обследование. Во всех организациях здравоохранения государственной формы собственности имеются условия для анонимного и добровольного обследования на ВИЧ. Постановка на учет и далее диспансерное наблюдение ВИЧ-инфицированных жителей региона организованы в 5 кабинетах инфекционных заболеваний по территориальному принципу. Все случаи ВИЧ-инфицирования среди жителей региона подлежат учету и эпидемиологическому расследованию на уровне ГУ «Барановичский зональный центр гигиены и эпидемиологии». Вместе с тем среди всех вновь выявленных случаев ВИЧ-инфекции удельный вес выявленных в уже клинически продвинутой стадии остается значимым. Позднее выявление ВИЧ-инфицирования влияет как на прогноз жизни и здоровья конкретного пациента, так и на уровень эффективности противоэпидемических мероприятий, направленных на профилактику распространения ВИЧ-инфекции, и соответственно является актуальной проблемой.

Цель исследования — анализ структуры и причин выявления случаев ВИЧ-инфекции в клинически продвинутой стадии.

Ретроспективный эпидемиологический анализ случаев ВИЧ-инфекции, впервые выявленных в клинически продвинутой стадии среди жителей Барановичского региона за период 2013–2022 гг. ( $n = 21$ ), проведен по данным карт эпидемиологического расследования случаев ВИЧ-инфекции, находящихся на статистическом учете в государственном учреждении «Барановичский зональный центр гигиены и эпидемиологии». Персональные данные пациентов не раскрывались. Расчет статистических показателей выполнен в Microsoft Excel (удельный вес).

За период 2013–2022 гг. среди жителей Барановичского региона вновь выявлено 155 случаев ВИЧ-инфицирования, из них в клинически продвинутой стадии — 21 (13,55%). За анализируемый период наибольшее число случаев ВИЧ-инфицирования было выявлено в 2013 г. — 23, наименьшее — 9 в 2016 г. Наибольший удельный вес случаев ВИЧ-инфекции, выявленных в уже клинически продвинутой стадии, зарегистрирован в 2022 г. и составил 22,70%. Не регистрировались вновь выявленные случаи ВИЧ-инфекции в клинически продвинутой стадии в 2020 г. (общее число вновь выявленных случаев в 2020 г. — 15), наиболее низкий удельный вес приходится на 2014 г. — 7,7%.

За анализируемый период среди пациентов с ВИЧ-инфекцией, выявленной в клинически продвинутой стадии, преобладают мужчины и составляют 61,90% (13 чел.), удельный вес женщин —

38,10% (8 чел.). Распределение случаев по возрастам следующее: 0–14 лет — 1 (4,76%); 15–19 лет — 0; 20–29 лет — 3 (14,29%); 30–39 лет — 6 (28,57%); 40–49 лет — 6 (28,57%); 50–59 лет — 2 (9,52%); 60 лет и старше — 3 (14,29%). Преобладает половой путь передачи и составляет 71,43% (у 15 человек из 21), парентеральный — 23,81% (у 5 из 21), вертикальный — 4,76% (1 из 21).

Из 21 случая ВИЧ-инфекции, выявленной в клинически продвинутой стадии, 10 (47,62%) приходится на жителей региона, которые длительный период проживали на территории Российской Федерации по причине трудовой миграции и за медицинской помощью в организации здравоохранения на территории Республики Беларусь не обращались; из них 9 — это мужчины (90%). В 6 случаях (28,57%) это неработающие жители региона, социально не благополучные, злоупотребляющие алкоголем, которые за медицинской помощью не обращались длительный период. В одном случае (4,76%) имело место внутриутробное инфицирование новорожденного от ВИЧ-инфицированной матери, прибывшей из Украины (где она была официально уведовлена о своем ВИЧ-положительном статусе), скрывшей свой ВИЧ-статус от полового партнера, не наблюдавшейся в женской консультации и не получавшей антиретровирусную терапию в период беременности. В двух случаях (9,52%) это работающие жители региона, у которых при предыдущих обращениях за медицинской помощью заболевания (состояния), позволяющие предположить инфицирование ВИЧ, зафиксированы не были. В одном случае (4,76%) между первичным обращением за медицинской помощью по поводу длительной лихорадки неуточненного генеза (женщина, 57 лет, пенсионерка, без вредных привычек) и назначением обследования на ВИЧ (после многократных обращений по данному поводу), по результатам которого ВИЧ-инфекция была выявлена в клинически продвинутой стадии, прошло 11 месяцев. В одном случае (4,76%) при обследовании по клиническим показаниям результат исследования на ВИЧ был отрицательным (2018 г., для лабораторной диагностики методом ИФА использовались тест-системы 3-го поколения), далее пациент был переведен в клинику г. Минска, где было установлено ВИЧ-инфицирование в клинически продвинутой стадии (лабораторное исследование методом ИФА выполнено с использованием тест-систем 4-го поколения).

Показаниями для назначения лабораторного обследования на ВИЧ-инфекцию по вышеперечисленным случаям явились: внебольничная пневмония — 4 случая (19,05%); милиарный туберкулез — 1 (4,76%); деструкция нижней доли левого легкого — 1 (4,76%); потеря 10% массы тела — 2 (9,52%); длительная лихорадка неуточненного генеза — 3 (14,29%); опухоль головного мозга — 2 (9,52%); энцефалопатия — 2 (9,52%); острый энцефалит — 1 (4,76%); органическое поражение ЦНС — 1 (4,76%); анемия — 1 (4,76%); иммунодефицитное состояние — 1 (4,76%); добровольное освидетельствование — 1 (4,76%); малый вес ребенка при рождении — 1 (4,76%). В ходе эпидемиологического расследования каждого из данных случаев было отмечено отсутствие в анамнезе анонимного обследования на ВИЧ-инфекцию.

Согласно приказу Главного управления по здравоохранению Брестской области от 13.08.2021 № 30 «О проведении мониторинга и расширенного эпидскрининга на ВИЧ-инфекцию» с целью максимального выявления среди населения случаев ВИЧ-инфекции был расширен перечень клинических показаний для обследования на ВИЧ-инфекцию, в том числе назначено и выполнено обследование в каждом случае выявления пневмонии внебольничной (в возрасте 15–65 лет, вне зависимости от тяжести), что позволило только в 2022 г. выявить 6 случаев ВИЧ-инфицирования среди пациентов с диагнозом «пневмония внебольничная», в том числе 1 случай — в клинически продвинутой стадии (всего за 2022 г. вновь выявлено 22 случая ВИЧ-инфекции).

Таким образом, по результатам анализа 21 случая выявления ВИЧ-инфекции в клинически продвинутой стадии среди жителей Барановичского региона за период 2013–2022 гг. установлено: наибольший удельный вес приходится на лиц, не охваченных длительное время медицинским обслуживанием (диспансеризацией) как по причине трудовой миграции за пределы Республики Беларусь, так и проживающих на территории региона и ведущих асоциальный образ жизни (не работающих, злоупотребляющих алкоголем);

имел место случай сокрытия факта официального уведомления о положительном ВИЧ-статусе от полового партнера и медицинских работников, что стало причиной внутриутробного ВИЧ-инфицирования, выявленного у новорожденного;

среди данной группы отмечается низкий удельный вес добровольного и отсутствие анонимного обследования на ВИЧ-инфекцию;

имел место случай позднего назначения обследования на ВИЧ-инфекцию при обращении за медицинской помощью и наличии оснований для обследования при первичном обращении;

в регионе с 13.08.2021 организовано обследование на ВИЧ-инфекцию по расширенному перечню клинических показаний;

в большинстве случаев при обращении за медицинской помощью было незамедлительно проведено дотестовое консультирование и назначено обследование на ВИЧ;

в регионе в период по 2018 г. включительно для лабораторной диагностики ВИЧ-инфекции методом ИФА использовались тест-системы 3-го поколения, которые не позволяют выявить все случаи инфицирования ВИЧ в клинически продвинутых стадиях.

Выявление ВИЧ-инфицирования в клинически продвинутой стадии среди жителей региона за период 2013–2022 гг. связано:

с отсутствием регулярного медицинского наблюдения среди отдельных категорий населения;

с недостаточным уровнем информированности населения о заболеваниях и состояниях, которые позволяют предположить наличие ВИЧ-инфекции и пройти анонимное и (или) добровольное обследование на ВИЧ;

с отсутствием среди населения убежденности в том, что полноценная жизнь с ВИЧ возможна, что обусловлено стигмой в отношении людей, живущих с ВИЧ, и соответственно страхом быть уведомленным о своем положительном ВИЧ-статусе;

с недостаточным уровнем настороженности со стороны специалистов лечебной сети в отношении возможного ВИЧ-инфицирования среди социально благополучных лиц старше 50 лет.

## Литература

1. ВИЧ/СПИД [Электронный ресурс] // ВОЗ. — Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/hiv-aids>. — Дата доступа 23.08.2023.

2. Эпидситуация по ВИЧ-инфекции в Республике Беларусь на 01 июля 2023 года [Электронный ресурс] // ГУ «РЦГЭиОЗ». — Режим доступа: <https://rceph.by/news/epidsituatsiya-po-vich-infektsii-v-respublike-belarus-po-sostoyaniyu-na-1-iyulya-2023-goda.html>. — Дата доступа: 23.08.2023.

3. О предупреждении распространения заболеваний, представляющих опасность для здоровья населения, вируса иммунодефицита человека [Электронный ресурс]: Закон Республики Беларусь 07 янв. 2012 г. № 345–3 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2023.

Поступила 25.08.2023

## СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПОДВЕРГАЮЩЕГОСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ТОКА ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ 50 ГЦ В УСЛОВИЯХ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

Арбузов И. В., [lkp\\_ff@mail.ru](mailto:lkp_ff@mail.ru),  
Соловьева И. В., к. т. н., [physical.factors@rspch.by](mailto:physical.factors@rspch.by),  
Кравцов А. В., [physical.factors@rspch.by](mailto:physical.factors@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Увеличение плотности источников низкочастотных электромагнитных излучений в окружающей среде способствует существенному изменению электромагнитной обстановки в жилых помещениях, увеличению в них уровней электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц и ухудшению условий проживания населения.

В настоящее время особого внимания заслуживают такие источники массового воздействия электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц на человека, как объекты производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии высокого и сверхвысокого напряжения, а также телевизоры, компьютеры, бытовая техника и пр.

Источниками электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц в населенных местах являются высоковольтные подстанции, воздушные линии электропередачи (далее — ВЛЭП) высокого, сверхвысокого и ультравысокого напряжения, устройства, содержащие токонесущие провода, включая бытовые электроприборы и оборудование, а также проходящие вблизи жилых зданий силовые линии, бытовые электросети и др. Разнообразны и условия воздействия электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц на различные контингенты лиц: непрерывное и прерывистое, общее и местное, комбинированное от нескольких источников и совместное с другими неблагоприятными факторами среды и т. д.

В связи с этим для целей профилактической направленности реализации функций государственного санитарного надзора в настоящее время весьма актуальными являются оценка и управление

рисками, ассоциированными с воздействием на человека электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц в условиях его проживания [1].

Специалистами республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» в рамках научно-исследовательской работы «Разработать метод оценки потенциального риска здоровью населения, обусловленного воздействием электромагнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц» отраслевой научно-технической программы «Гигиеническая безопасность» была изучена заболеваемость населения болезнями чувствительных к ЭП и МП 50 Гц систем организма человека (нервной, иммунной, сердечно-сосудистой и половой) при различных уровнях их воздействия (по данным обращаемости за амбулаторной медицинской помощью), а также проанализированы причинные связи между экспозицией воздействия электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц и случаями/тяжестью неблагоприятных эффектов на здоровье человека с установлением достаточной степени доказанности (по данным глубокого информационного поиска).

За период 2019–2021 гг. были изучены и проанализированы данные об источниках электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц в условиях населенных мест, проведены инструментальные измерения напряженности/магнитной индукции электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц от ВЛЭП, электрических подстанций, распределительных пунктов электрической сети и изучены особенности их затухания в открытом пространстве. Зоны неблагоприятного влияния достигают 100 м по обе стороны от крайних проводов ВЛЭП. Электрические подстанции 110/10 кВ открытого типа создают уровни напряженности ЭП 50 Гц выше нормативных, в особенности в местах «входа» ВЛЭП.

Для изучения и анализа данных о заболеваемости населения по группам болезней нервной, сердечно-сосудистой и половой систем были сформированы две группы исследования: экспонируемая (население жилых домов, находящихся на расстоянии менее 70 м от крайнего провода ВЛЭП 110 кВ) и контрольная (население жилых домов, находящихся на расстоянии более 70 м от крайнего провода ВЛЭП 110 кВ). Среднемноголетнее количество человек в экспонируемой группе —  $4839,5 \pm 13$ , в контрольной —  $4827,7 \pm 45,03$ . Экспонируемая и контрольная группы были разделены на детское население (0–14 лет, 15–17 лет) и взрослое население (18–30 лет, 31–40 лет, 41–50 лет, 51–60 лет, 61–70 лет, 71–80 лет,  $\geq 81$  года). Заболеваемость изучалась по данным обращаемости за амбулаторной медицинской помощью за 10 лет (2010–2019 гг.) в 8 поликлиниках г. Минска.

Результаты изучения заболеваемости населения за период 2010–2019 гг. показали, что структура заболеваемости детского населения в двух группах резко отличается от таковой взрослого населения. Показатели заболеваемости болезнями нервной системы взрослого (18 лет и старше) населения в экспонируемой и контрольной группах увеличиваются с возрастом. В экспонируемой группе отмечена тенденция сдвига наибольших показателей заболеваемости у женщин в возрастную группу 61–70 лет (10,32 случая на 1000 населения), а у мужчин — в возрастную группу 71–80 лет (12,53 случая на 1000 населения). Полученные результаты позволяют говорить о критических возрастных группах населения (женщины 61–70 лет; мужчины 71–80 лет) по заболеваемости болезнями нервной системы.

Для сравнения заболеваемости болезнями сердечно-сосудистой системы в двух группах за период 2010–2019 гг. использовались t-критерий Стьюдента и U-критерий Манна — Уитни. Заболеваемость болезнями сердечно-сосудистой системы в экспонируемой группе выше среди девочек 0–14 лет с достоверностью в 95%. Сравнение заболеваемости артериальной гипертензией в экспонируемой и контрольной группах взрослого населения показало, что заболеваемость выше среди женщин экспонируемой группы в возрасте от 51 года до 60 лет с достоверностью 95%.

Также были проанализированы причинные связи между экспозицией и неблагоприятными эффектами воздействия на здоровье человека электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц. Электрические поля, наведенные в тканях электрическими и магнитными полями тока промышленной частоты 50 Гц, могут стимулировать одиночные миелиновые нервные волокна (достаточная степень доказанности —  $p < 0,05$ ). Также установлена тенденция увеличения риска (по критерию линейности Мантеля — Хенцеля:  $\chi^2 = 4,31$ ;  $p = 0,038$ ) хронического функционального перенапряжения в зависимости от экспозиции и дальности нахождения от ВЛЭП. Установлена связь между воздействием магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц и риском развития лейкоза у населения, имевшего контакт с магнитными полями тока промышленной частоты 50 Гц (проживание вблизи ВЛЭП). Появление лейкозов и опухолей наблюдается при экспозиции воздействия от 1 до 7 лет в условиях с уровнем магнитной индукции 4–7 мкТл (OR = 1,48 при  $p = 95\%$ ).

Исследований, проведенных в подобных условиях, недостаточно для обоснования более значимых выводов о влиянии электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц на

организм человека, что потребует организации дальнейших углубленных исследований в данном направлении.

В то же время полученные данные в рамках представленной научно-исследовательской работы помогли разработать и внедрить в практику рискориентированную модель государственного санитарного надзора за источниками электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц в окружающей среде, которая была формализована в виде инструкции по применению, содержащей метод оценки риска здоровью населения, обусловленного воздействием электромагнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц [2].

Помимо инструкции по применению, содержащей метод оценки риска здоровью населения, обусловленного воздействием электромагнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц, в рамках реализации научно-исследовательской работы «Разработать метод оценки потенциального риска здоровью населения, обусловленного воздействием электромагнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц» отраслевой научно-технической программы «Гигиеническая безопасность» была разработана методика измерений электромагнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц в условиях населенных мест [3] с целью применения ее в сфере законодательной метрологии.

Методика измерений предназначена для учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, при проведении контроля электромагнитного загрязнения в среде обитания человека, государственных медицинских, научных организаций, учреждений здравоохранения и учреждений образования, имеющих кафедры по подготовке, переподготовке и повышению квалификации специалистов в области гигиены и профилактической медицины, и иных учреждений, осуществляющих контроль уровней электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц в условиях населенных мест.

Рабочие характеристики методики измерений, включая показатели прецизионности и расширенную неопределенность при принятой вероятности  $p = 95\%$  и коэффициенте охвата  $k = 2$ , определены для использования двух приборов: измерителя напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50 и измерителя параметров электрического и магнитного полей трехкомпонентного ВЕ-метр-АТ-003.

Полученные данные о состоянии здоровья населения, подвергающегося воздействию электромагнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц в условиях населенных мест, представленные в настоящей статье, в совокупности с разработанной инструкцией по применению [2] и методикой измерений [3] позволят в полной мере реализовать на практике предписания специфических санитарно-эпидемиологических требований к содержанию и эксплуатации объектов, являющихся источниками неионизирующего излучения, утвержденных постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 4 июня 2019 г. № 360, в разделе требований к источникам электрических и магнитных полей промышленной частоты 50 Гц при их воздействии на население.

## Литература

1. Дроздова, Е. В. Медико-экологические риски в контексте устойчивого развития / Е. В. Дроздова // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: С. И. Сычик (гл. ред.), Г. Е. Косяченко (зам. гл. ред.) [и др.]. — Минск: РИВШ, 2019. — Вып. 29. — С. 168–177.
2. Метод оценки риска здоровью населения, обусловленного воздействием электромагнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц: инструкция по применению, рег. № 006–1121: утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 28.01.2022. — Минск, 2022. — 12 с.
3. Электромагнитные поля тока промышленной частоты 50 Гц в условиях населенных мест: методика измерений, АМИ.МН 0008–2021: утв. директором гос. предприятия «НПЦГ» 05.10.2021. — Минск, 2021. — 20 с.

Поступила 20.09.2023



# ОСОБЕННОСТИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ СКРИНИНГОВОЙ ПРОГРАММЫ ПО ИХ ВЫЯВЛЕНИЮ В ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Волчек В. С., [volvst@yandex.ru](mailto:volvst@yandex.ru)

Учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Республика Беларусь

Злокачественные новообразования (далее — ЗНО) являются одной из основных причин смертности в мире. По данным Всемирной организации здравоохранения (далее — ВОЗ), в 2020 г. было зарегистрировано около 19,3 миллиона новых случаев ЗНО и 10 миллионов смертей от этого заболевания. Среди всех видов ЗНО наибольшую долю составляют рак молочной железы (далее — РМЖ), рак предстательной железы (далее — РПЖ), колоректальный рак (далее — КРР) и рак шейки матки (далее — РШМ), которые вместе отвечают приблизительно за 40 % всех случаев рака и 30 % всех смертей от рака [1].

Скрининг рака — это процесс выявления людей с высоким риском развития рака или с ранними стадиями заболевания с помощью специальных тестов или обследований. Скрининг рака имеет две основные цели: уменьшить смертность от рака за счет раннего диагностирования и лечения и улучшить качество жизни пациентов за счет предотвращения или уменьшения осложнений от рака. Скрининг рака может быть организованным или неорганизованным. Организованный скрининг подразумевает систематическое приглашение определенных групп населения к участию в скрининге согласно установленным критериям и протоколам. Неорганизованный скрининг осуществляется по инициативе самого человека или его врача без четкого планирования и контроля. В Беларуси скрининг рака проводится с 2017 г. в рамках государственной программы «Здоровье народа и демографическая безопасность». Скрининг рака в Беларуси являлся организованным и бесплатным для всех граждан. Скрининг рака включает в себя следующие виды обследований: маммографию для женщин в возрасте от 50 до 69 лет для выявления РМЖ; ПСА-тест для мужчин в возрасте от 50 до 65 лет для выявления РПЖ; колоноскопию или тест на скрытую кровь в кале для мужчин и женщин в возрасте от 50 до 60 лет для выявления КРР; цитологическое исследование мазка из шейки матки или исследование на вирус папилломы человека для женщин в возрасте от 30 до 60 лет для выявления РШМ [2].

Гомельская область — одна из шести областей Беларуси, расположенная на юго-востоке страны. Население Гомельской области составляет около 1,4 миллиона человек, из них около 60 % проживают в городах [3].

Цель работы — оценить влияние скрининга рака на заболеваемость РМЖ, РПЖ, КРР и РШМ в Гомельской области.

Данные о численности населения Гомельской области по полу, возрасту и региону были получены из Национального статистического комитета Республики Беларусь. Данные об уровне скрининга рака по видам обследований, полу, возрасту и региону были получены из отчетов учреждения «Гомельский областной клинический онкологический диспансер». Данные о заболеваемости раком по видам заболеваний, полу, возрасту и региону были получены из Белорусского канцер-регистра (далее — БКР). Все данные были собраны за период с 2017 по 2022 г.

Для сравнения заболеваемости раком в разных группах населения по полу, возрасту и региону был использован тест  $\chi$ -квадрат Пирсона с учетом поправки Йетса на непрерывность. Уровень значимости был принят при  $p < 0,05$ . Все расчеты были выполнены с помощью программы Microsoft Excel.

Согласно данным БКР, в 2019 г. в Гомельской области было зарегистрировано 8739 новых случаев злокачественных новообразований, что составило 16,1 % от общего числа случаев в Беларуси (54 203). Грубый показатель заболеваемости составил 621,4 на 100 тыс. населения, что выше, чем в среднем по стране (572,6 на 100 тыс. населения). При корректировке на возрастную структуру стандартизованный показатель заболеваемости составил 344,9 на 100 тыс. населения, что также выше, чем в среднем по республике (321,1 на 100 тыс. населения). Наиболее распространенными видами рака (за исключением рака кожи) среди мужчин Гомельской области были рак предстательной железы (12 %), рак легкого (14,6 %), полости рта и глотки (8,9 %), а среди женщин наиболее распространенными были рак молочной железы (24,7 %), щитовидной железы (11 %) и шейки матки (7,5 %).

Грубый коэффициент смертности от ЗНО составил 223,2 на 100 тыс. населения, что выше, чем в среднем по стране (198,6 на 100 тыс. населения) (рисунок 1). При корректировке на возрастную структуру стандартизованный коэффициент смертности составил 115,1 на 100 тыс. населения, что также выше, чем в среднем по стране (105,9 на 100 тыс. населения). Наиболее распространенными причинами смерти от ЗНО среди мужчин Гомельской области были рак легкого (25,1%), рак желудка (10,2%) и рак простаты (8,7%). Среди женщин наиболее распространенными причинами были рак молочной железы (16%), рак желудка (9,2%) и колоректальный рак (9%).

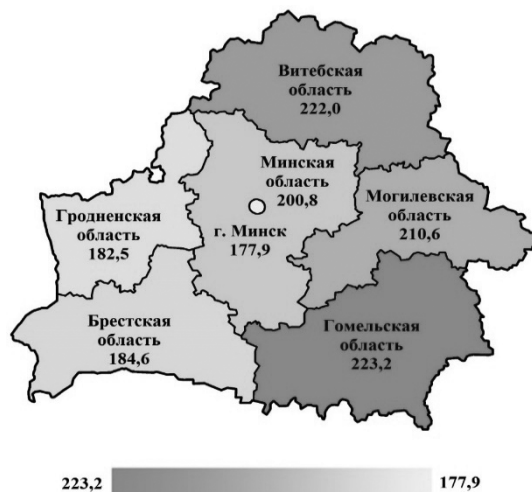


Рисунок 1 – Показатель смертности от ЗНО в Республике Беларусь на 100 тыс. населения за 2019 г.

Динамика показателей заболеваемости и смертности от ЗНО в Гомельской области представлена на рисунке 2. Состояние диагностики злокачественных новообразований в Гомельской области характеризовалось высокой долей случаев, выявленных на поздних стадиях: III стадия – 28,4%, IV стадия – 25,4%. Доля случаев, выявленных на ранних стадиях (I стадия – 14,8%, II стадия – 31,4%), была ниже, чем в среднем по стране: I стадия – 18,1%, II стадия – 35,5%, III стадия – 24,9%, IV стадия – 21,5%. Это свидетельствует о том, что в Гомельской области наблюдался недостаточный уровень ранней диагностики онкологических заболеваний, что влияет на прогноз и выживаемость пациентов.



Рисунок 2 – Показатели заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований в Гомельской области за 2010–2022 гг. (на 100 тыс. населения)

Выживаемость пациентов со злокачественными новообразованиями в Гомельской области была ниже, чем в среднем по стране для большинства видов ЗНО. Пятилетняя относительная выживаемость для всех видов ЗНО, вместе взятых, составила в Гомельской области 48,9% по сравне-

нию с 51,3% по Беларуси. Особенно низкая выживаемость наблюдалась при раке легкого (10,6%), раке желудка (19,8%) и раке поджелудочной железы (5,2%). Относительно высокой была выживаемость при раке молочной железы (76,8%), предстательной железы (75%) и щитовидной железы (92,9%).

Число пациентов, состоящих на учете в онкологических учреждениях Гомельской области, в 2019 г. составило 51 421 человек, или 16,3% от общереспубликанского показателя (315 тыс. человек). Грубый показатель распространенности составил 3656,5 на 100 тыс. населения, что выше среднего показателя по стране (3329,4 на 100 тыс. населения).

В таблице 1 представлены данные о количестве впервые выявленных случаев РМЖ, РПЖ, КРР и РШМ в Гомельской области за период с 2017 по 2022 г. Как видно из таблицы, заболеваемость РМЖ и РПЖ имеет тенденцию к увеличению с момента внедрения программы скрининга, в то время как по заболеваемости КРР и РШМ не выявлено положительной динамики. Среди всех видов рака самая высокая заболеваемость характерна для РПЖ, а самая низкая — для РШМ.

Таблица 1 — Число впервые выявленных случаев РМЖ, РПЖ, КРР и РШМ в Гомельской области за период с 2017 по 2022 г.

Вид ЗНО	Год					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	<b>Число впервые выявленных случаев ЗНО</b>					
РМЖ	742	786	783	605	729	761
РПЖ	692	899	841	596	560	885
КРР	891	883	816	679	746	834
РШМ	142	120	118	118	114	115

В таблице 2 представлены данные о количестве впервые выявленных случаев РМЖ, РПЖ, КРР и РШМ в рамках скрининга и их доле от общего числа впервые выявленных случаев данных ЗНО в Гомельской области за 2017–2022 гг.

Таблица 2 — Количество впервые выявленных случаев РМЖ, РПЖ, КРР и РШМ в рамках скрининга и их доля от общего числа впервые выявленных случаев данных ЗНО в Гомельской области за 2017–2022 гг.

Вид ЗНО	Год					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	<b>Число впервые выявленных в рамках скрининга случаев ЗНО (доля от общего числа выявленных соответствующих ЗНО)</b>					
РМЖ	41 (5,53)	72 (9,16)	160 (20,43)	63 (10,41)	96 (13,17)	97 (12,75)
РПЖ	25 (3,61)	126 (14,02)	172 (20,45)	76 (12,75)	118 (21,07)	196 (22,15)
КРР	–	8 (0,89)	15 (1,81)	4 (0,58)	14 (1,83)	36 (4,23)
РШМ	–	1 (0,83)	5 (4,24)	3 (2,54)	6 (5,26)	3 (2,61)

Существует статистически значимая положительная взаимосвязь между данными о количестве впервые выявленных случаев РМЖ, РПЖ и РШМ. Увеличение числа выявленных в рамках скрининга случаев ЗНО способствует увеличению общего числа впервые выявленных случаев РМЖ, РПЖ и РШМ. Так, для РМЖ коэффициент корреляции  $r = 0,931$  ( $p = 0,012$ ), для РПЖ  $r = 0,836$  ( $p = 0,041$ ), для КРР  $r = -0,626$  ( $p = 0,218$ ) и для РШМ  $r = 0,759$  ( $p = 0,008$ ).

Следует отметить, что приведенные в научной работе методы оценки реализации программы скрининга рака не в полной мере характеризуют влияние скрининга на заболеваемость. В связи с этим к наиболее перспективным методам оценки относятся определение чувствительности, специфичности, положительной и отрицательной предиктивной ценности скрининга рака. Данные критерии являются неотъемлемой частью оценки эффективности скрининговых программ по нескольким важным причинам.

Чувствительность, специфичность и предиктивные ценности помогают определить, насколько хорошо скрининговая программа способна выявить пациентов с ЗНО и исключить здоровых. Эти

параметры позволяют оценить, насколько эффективно скринирование может помочь в раннем выявлении рака и, таким образом, улучшении прогнозов для пациентов.

Знание чувствительности и специфичности скрининга позволяет медицинским работникам принимать информированные решения о дальнейших действиях после получения результатов скрининга. Это может включать в себя дополнительные медицинские обследования, биопсии или другие процедуры.

Знание характеристик скрининга помогает организациям здравоохранения эффективно распределять ресурсы и финансирование для скрининговых программ, позволяет сосредотачивать усилия и средства на тех, кто действительно нуждается в скрининге, и избегать ненужных исследований.

Оценка чувствительности и специфичности позволяет работать над улучшением тестовых методов и алгоритмов, чтобы снизить количество ошибок, таких как ложноположительные и ложноотрицательные результаты, что может повысить доверие к скрининговой программе.

Следовательно, определение чувствительности, специфичности, положительной и отрицательной предиктивных ценностей скрининга рака играет ключевую роль в эффективном выявлении и управлении этим серьезным заболеванием, а также помогает снизить нежелательные последствия скрининговых программ.

Однако для того, чтобы оценить данные параметры, необходимо на государственном уровне внедрить учет следующих параметров скрининга рака.

1. Количество исходных положительных случаев (True Positives, TP) — это количество людей, которые были правильно определены как пациенты с ЗНО (положительные) с помощью скрининга.

2. Количество исходных отрицательных случаев (True Negatives, TN) — это количество людей, которые были правильно определены как здоровые (отрицательные) с помощью скрининга.

3. Количество ложноположительных случаев (False Positives, FP) — это количество людей, которые были неправильно определены как пациенты с ЗНО (положительные), хотя на самом деле они здоровы.

4. Количество ложноотрицательных случаев (False Negatives, FN) — это количество людей, которые были неправильно определены как здоровые (отрицательные), хотя на самом деле у них ЗНО.

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

– скрининг рака играет важную роль в раннем выявлении злокачественных новообразований и снижении смертности от рака;

– внедрение программы скрининга рака в Гомельской области имело разную эффективность в выявлении различных видов рака, с наибольшей заболеваемостью РПЖ и наименьшей — РШМ;

– существует положительная взаимосвязь между количеством выявленных случаев рака и уровнем скрининга для РМЖ, РПЖ и РШМ, однако такая взаимосвязь отсутствует для КРР;

– оценка чувствительности, специфичности и предиктивных ценностей скрининга рака является важной частью оценки эффективности скрининговых программ и помогает в управлении их качеством и эффективностью;

– для более точной оценки эффективности скрининга рака необходимо внедрить учет таких параметров, как количество исходных положительных и отрицательных случаев, а также ложноположительных и ложноотрицательных результатов.

## Литература

1. Assessing national capacity for the prevention and control of noncommunicable diseases: report of the 2019 global survey. — Geneva: World Health Organization, 2020. — 116 p.

2. Волчек, В. С. Анализ международного опыта организации скрининговых программ для раннего выявления злокачественных новообразований / В. С. Волчек, В. В. Похожай // *Juvenis scientia*. — 2023. — Т. 9, № 1. — С. 5–23.

3. Основные социально-экономические показатели по Гомельской области [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://www.gomel.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/osnovnye-pokazateli/>. — Дата доступа: 05.10.2023.

Поступила 09.10.2023

# ОЦЕНКА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ТОКСИЧНОСТИ ГЕТЕРОСТРУКТУР «ПОЛУПРОВОДНИК В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕ» НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕСТ-МОДЕЛЯХ

Дроздова Е. В., к. м. н., доцент, drozdovaev@mail.ru,  
Фираго А. В., 1509\_83@mail.ru,  
Суровец Т. З., volk\_tz@mail.ru

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Поскольку разнообразие химических соединений, являющихся потенциальными загрязнителями, к настоящему времени исчисляется десятками тысяч, в настоящее время для определения токсичности объектов окружающей среды используются не только химические методы исследования, но и биотестирование. Методы биотестирования дают возможность быстрого получения интегральной оценки токсичности различных объектов и позволяют оценить риск неблагоприятного воздействия факторов антропогенного происхождения на живые объекты. В качестве тест-моделей для биотестирования используется большое разнообразие организмов из разных систематических групп. Широкое распространение получили методы с использованием гидробионтов в качестве тест-объектов. В соответствии с основным принципом практического лабораторного биотестирования наиболее оптимальными являются исследования по оценке интегральной токсичности методом биотестирования на батарее чувствительных биотестов из тест-объектов, представляющих основные трофические уровни водной экосистемы. В то же время состав этой батареи тестов может и должен отличаться в зависимости от тестируемого субстрата, потенциальных мигрирующих веществ, механизма их воздействия на живые организмы и др. В батарею подбирают тесты, которые бы дополняли друг друга по метрологическим показателям (чувствительность, воспроизводимость, диапазон оценки токсичности и др.), а также по эволюционной степени организации тест-объекта. При этом для используемых тест-объектов в качестве критерия оценки токсичности могут быть выбраны разные параметры жизнедеятельности тест-объекта. В отличие от классической токсикологии, использующей показатель смертности, при использовании альтернативных моделей предпочтение отдается биохимическим, физиологическим, репродуктивным или поведенческим показателям.

Целью представленной в настоящей статье работы являлась оценка интегральной токсичности гетероструктур «полупроводник в диэлектрической полимерной матрице» на альтернативных тест-моделях. Работа реализовывалась в рамках НИР по заданию 3.03.4 «Разработка и исследование теоретических и экспериментальных основ повышения экологичности органических полимеров наряду с расширением их функциональных возможностей» ГПНИ «Конвергенция-2025».

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: в условиях лабораторного эксперимента провести оптимизацию параметров проведения количественной оценки интегральной токсичности гетероструктур «полупроводник в диэлектрической полимерной матрице» на основе эмпирического подбора; провести экспериментальные исследования при различных условиях моделирования для оценки биологического действия гетероструктур на альтернативных тест-моделях (водные организмы) с учетом оптимизированных подходов.

Для оптимизации параметров проведения количественной оценки интегральной токсичности гетероструктур «полупроводник в диэлектрической полимерной матрице» на основе эмпирического подбора проанализирована серия проведенных ранее (2012–2020 гг.) экспериментов, а также данные научных публикаций. В рамках экспериментальных исследований ранее (2012–2020 гг.) нами использовались следующие тест-объекты: ракообразные (*Daphnia magna*, *Daphnia pulex*, *Daphnia* spp., *Cypridopsis vidua* и *Heterocypris incongruens*), водоросли — *Chlorella vulgaris* (стандартной методикой и методикой с применением флуориметра «ФОТОН 10»); рыбы (*Poecilia reticulata*).

Токсикологические исследования и анализ токсикологических данных выполнялись в соответствии с действующими положениями и нормативно-методическими документами. Использовались стандартизованные методики исследований (ИСО, ОЭСР) и методики, разработанные в республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены» и утвержденные в инструкциях по применению.

С целью обоснования батареи тестов проведено сопоставление результатов проведенных ранее экспериментов по оценке токсичности водных растворов модельных веществ, объектов окружающей среды, естественно контаминированных и искусственно контаминированных модельными токсикантами.

Анализ информативности и достаточности полученных нами данных на различных тест-объектах, представляющих различные трофические уровни, позволил рекомендовать следующую батарею тестов для количественной оценки интегральной токсичности гетероструктур «полупроводник в диэлектрической полимерной матрице» на альтернативных тест-моделях (водные организмы) с учетом используемых материалов (НСМ на основе оксидов металлов — диоксида титана): 1) скрининговые исследования на ракообразных (*Daphnia magna*, *Cypridopsis vidua* и/или *Heterocypris incongruens*), водорослях — флуориметрический краткосрочный тест на водорослях *Chlorella vulgaris* из биоценоза Республики Беларусь; 2) исследования пилотных образцов с целью определения потенциальной способности оказывать биологическое действие на ракообразных (*Daphnia magna*, *Cypridopsis vidua* и/или *Heterocypris incongruens*), водорослях — *Chlorella vulgaris* или флуориметрический краткосрочный тест на водорослях *Chlorella vulgaris* из биоценоза Республики Беларусь; рыба — гуппи (*Poecilia reticulata*).

Экспериментальные исследования при различных условиях моделирования для оценки биологического действия гетероструктур «полупроводник в диэлектрической полимерной матрице» на альтернативных тест-моделях (водные организмы) с учетом оптимизированных подходов проводились методом биотестирования в батарее чувствительных биотестов на ракообразных (*Daphnia magna*, *Cypridopsis vidua*) и водорослях (*Chlorella vulgaris*).

Исследования выполнялись на 8 пилотных образцах наноструктурированных материалов, представленных ГУ «БГУИР» в различных условиях экспозиции в 2 повторностях. В водопроводную питьевую воду погружали испытуемые образцы и выдерживали их в течение 60, 90 и 120 минут, моделирование осуществлялось в условиях фотоактивации НСМ светодиодной лампой видимого света (ФА+) и без фотоактивации (ФА-).

Методики, основанные на использовании ракообразных (дафний *D. magna* и остракод *C. vidua*) заключаются в определении иммобилизации тест-объектов при воздействии веществ, присутствующих в исследуемой водной среде, по сравнению с контролем за 48 часов (дафнии) и 96 часов (*C. vidua*) экспозиции. Для поддержания светового и температурного режима использовали климатостат. При проведении биотестирования поддерживалось искусственное освещение с чередованием циклов света и темноты 16 часов и 8 часов. Тест-культуры выращивали в стеклянной посуде, для культивирования использовали предварительно отстоявшуюся водопроводную воду. Дафниям обеспечивали комбинированное дрожже-водорослевое питание, а остракодам — водорослевое (*Chlorella vulgaris*). Синхронизацию культуры осуществляли механическим методом. Культуры проверяли на пригодность к биотестированию с использованием в качестве референсного вещества бихромата калия 1 раз в квартал. Эксперимент выполнялся в статической системе. Испытания проводились не позднее 30 минут с момента получения вытяжек. В дополнение к опытной серии ставился контроль (разбавляющая вода). В каждый опытный и контрольный сосуд помещали 10 животных. Повторность в опыте и контроле трехкратная. Оценку острой токсичности проводили на основании значения средней эффективной концентрации (ЭК<sub>50</sub>).

Методика биотестирования с использованием тест-культуры пресноводных одноклеточных водорослей *Chlorella vulgaris* основана на установлении различия между интенсивностью роста водорослей в анализируемой пробе (опыт) и культуральной среде (контроль). Критерием острого токсического действия исследуемого образца является снижение на 50 % и более численности клеток водорослей в опыте по сравнению с контролем за 72 часа биотестирования («острая токсичность») при условии, что в контрольном эксперименте снижение численности клеток не превышает 10 %.

Для биотестирования используют лабораторную альгологически чистую культуру одноклеточных водорослей *Chlorella vulgaris* в экспоненциальной стадии роста (3-суточную). Для подсчета в камере Горяева суспензия разбавляется питательной средой и с учетом разведения подсчитывается количество клеток водорослей. Затем суспензия добавляется в контрольные и тестируемые воды. После пересева и тщательного перемешивания водоросли подсчитываются в камере Горяева.

В ходе эксперимента тест-объект в течение 72 часов подвергается воздействию растворенного в воде вещества в диапазоне концентраций. В конические колбы вместимостью 250 см<sup>3</sup> разливают по 100 см<sup>3</sup> среды Прата (контроль), в другие колбы — исследуемые пробы водных растворов соединений. В опытные колбы вносят исследуемую пробу, затем питательную среду. После в опытные и контрольные колбы вносят по 0,5 см<sup>3</sup> исходной культуры водорослей в экспоненциальной фазе роста численностью около 5 × 10<sup>6</sup> кл/см<sup>3</sup>, колбы закрывают ватно-марлевыми пробками, встряхивают. Экспонируют. Содержимое каждой колбы перемешивают 1–2 раза в сутки. По ходу эксперимента численность клеток считают ежедневно, тщательно перемешивая содержимое колб. Через 72 часа биотестирование прекращают. В каждой колбе подсчитывают численность клеток.

На основании результатов подсчета клеток в каждой капле определяют численность клеток водорослей (кл/см<sup>3</sup>) в контроле и опыте, для каждого параллельного определения в опыте и контроле вычисляют среднее арифметическое численности клеток водорослей в 1 см<sup>3</sup>. Рассчитывают численность клеток в опыте в процентах от их численности в контроле.

Для количественной оценки токсичности раствора вещества (смеси веществ) устанавливают ЭК<sub>50</sub> вещества (смеси веществ) за 72 часа биотестирования.

Расчет эффективных концентраций (далее — ЭК<sub>x</sub>) проводился с использованием метода пробит-анализа Литчфилда — Уилкоксона в изложении М. Л. Беленького с применением программы Microsoft Excel и устанавливался с доверительным интервалом 95%. Графический способ определения ЭК<sub>x</sub> методом пробит-анализа с использованием Microsoft Excel заключался в следующем. Результаты эксперимента переводили в пробиты и строили точечный график, где по оси абсцисс откладывали десятичные логарифмы концентраций, а по оси ординат — соответствующий им эффект в пробитах. Добавляли линию тренда, описываемую линейной функцией, с выводом уравнения регрессии. Из полученного уравнения рассчитывали значения  $x$ , соответствующие  $y = 5$  (50%),  $y = 3,72$  (10%),  $y = 6,78$  (90%),  $y = 4$  (16%) и  $y = 6$  (84%). Учитывая, что  $x = \lg C$ , логарифмы процентных концентраций переводили в процентные концентрации и получали их значения, соответствующие 50%, 16% и 84% эффекту, — ЭК<sub>50</sub>, ЭК<sub>16</sub>, ЭК<sub>84</sub>.

Результаты экспериментальных исследований на альтернативных тест-моделях (стандартизованных и вновь разработанных) свидетельствуют об отсутствии интегральной токсичности питьевой воды после обработки опытными образцами НСМ при моделируемых условиях при фотоактивации испытуемых НСМ и без.

Таким образом, используемый комплекс популяционных и культурально-морфологических маркеров для оценки интегральной токсичности гетероструктур «полупроводник в диэлектрической полимерной матрице» в модельных экспериментах *in vitro* является валидным, маркеры обладают прогностической значимостью. Оптимизированные параметры и обоснованный критериальный аппарат могут использоваться для оценки интегральной токсичности гетероструктур «полупроводник в диэлектрической полимерной матрице».

## Литература

1. Оценка интегральной токсичности факторов и объектов среды обитания с использованием альтернативных биологических тест-моделей: методология и технологии / Е. В. Дроздова [и др.]; М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Респ. унитар. предприятие «Науч.-практ. центр гигиены». — Минск: БелНИИТ «Транстехника», 2017. — 212 с.
2. Дудчик, Н. В. Альтернативные биологические тест-модели в оценке риска воздействия факторов среды обитания / Н. В. Дудчик, Е. В. Дроздова, С. И. Сычик; М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Респ. унитар. предприятие «Науч.-практ. центр гигиены». — Минск: БелНИИТ «Транстехника», 2015. — 195 с.
3. Определение острой токсичности химических веществ, их смесей, природных и сточных вод методом биотестирования с применением ракообразных в качестве тест-объектов (*Daphnia magna* и *Cypridopsis vidua*): инструкция по применению, рег. №№ 093–1008: утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 30.12.2008. — Минск, 2008. — 34 с.
4. Способ оценки острой водной токсичности тяжелых металлов или веществ органической природы: пат. ВУ 16203 / Е. В. Дроздова, В. В. Вежновец, И. А. Застенская, В. П. Филонов, Н. В. Дудчик. — Опубл. 30.08.2012.
5. Дудчик, Н. В. Тест-модель и количественный критериальный показатель для оценки антимикробного потенциала наноматериалов, используемых для водоочистки и водоподготовки: обоснование и метрологическая оценка / Н. В. Дудчик, Е. В. Дроздова, С. И. Сычик // Анализ риска здоровью. — 2018. — № 3. — С. 104–111.

Поступила 17.10.2023

## ПОДХОДЫ КОМПЛЕКСНОГО ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ БАРИЯ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

Дроздова Е. В., к. м. н., доцент, [risk.factors@rspch.by](mailto:risk.factors@rspch.by),  
Фираго А. В., [risk.factors@rspch.by](mailto:risk.factors@rspch.by),  
Суровец Т. З., [risk.factors@rspch.by](mailto:risk.factors@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Доступ населения к безопасной питьевой воде является одним из важных аспектов обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения [1]. Беларусь — это страна с высоким потенциалом в области обеспечения населения качественной питьевой водой. Обеспечение 100% доступа населения к качественной и безопасной питьевой воде в необходимом количестве, а также доступа к безопасным услугам санитарии, отвечающим современным вызовам и потребностям человека, является важнейшим приоритетом государственной политики Республики Беларусь. Для решения приоритетной социальной задачи по обеспечению населения качественной питьевой водой реализовывались Государственные программы по водоснабжению и водоотведению «Чистая вода», предусматривающие комплекс мероприятий технического, экономического и правового характера. Реализация мероприятий программы способствовала дальнейшему развитию централизованных систем питьевого водоснабжения, повышению качества подаваемой потребителям питьевой воды, повышению охвата населения (в том числе сельского) централизованными и местными системами хозяйственно-бытового водоотведения. Увеличилась обеспеченность систем питьевого водоснабжения сооружениями обработки воды, усовершенствована нормативно-правовая база, внедрены современные методы контроля безопасности воды. За последние десятилетия в республике достигнуты значительные успехи в обеспечении доступа населения к безопасной и качественной питьевой воде и санитарным услугам, охране водных ресурсов. Согласно докладу ООН/ПРООН «Показатели развития человека» Беларусь входит в группу стран, население которых имеет 100%-й устойчивый доступ к улучшенным источникам воды (по количеству, качеству и близости нахождения источников воды).

Сформировалась устойчивая тенденция улучшения качества питьевой воды, подаваемой населению централизованными системами водоснабжения, по санитарно-химическим показателям и стабилизации по микробиологическим показателям. При этом для страны характерны следующие региональные особенности водоносных горизонтов, определяющие качественный состав природных вод — источников питьевого водоснабжения: высокое содержание железа, марганца и коррелирующих с ними органолептических показателей (что решается путем строительства станций обезжелезивания), а также бария и бора, не удаляемых доступными методами водоподготовки. Настоящая статья посвящена такому актуальному для страны аспекту, как научное обоснование подходов к комплексному гигиеническому нормированию бария в питьевой воде.

Барий относится к веществам 2-го класса опасности (высокоопасные вещества), в Республике Беларусь в питьевой воде гигиенический норматив (предельно допустимая концентрация, далее — ПДК) был принят на уровне 0,1 мг/л. Впервые вопрос о пересмотре ПДК бария в питьевой воде с учетом международных требований инициирован Министерством жилищного и коммунального хозяйства (далее — Минжилкомхоз) при планировании реконструкции систем питьевого водоснабжения на отдельных территориях в рамках Государственной программы по водоснабжению и водоотведению «Чистая вода» (2005–2010), поскольку удаление его избытка из воды простыми методами водоподготовки невозможно, а применение более сложных чрезвычайно затратно для централизованных систем [1]. По предварительным оценкам, не менее 200 тысяч населения страны потенциально использовало водопроводную воду с повышенным содержанием бария (по состоянию на 2010 г.).

Проведенный сравнительный анализ международных рекомендаций и нормативных требований зарубежных стран показал тенденцию к смягчению норматива бария в воде (0,7 мг/л — Российская Федерация (с 2007 г.), Китай; 1,3 мг/л — Всемирная организация здравоохранения (далее — ВОЗ) (с 2017 г., 2003–2017 гг. — 0,7 мг/л); 2 мг/л — США, Канада) на основании современных данных о токсичности его соединений, региональных особенностей поступления в организм и уточнения доли поступления с водой (4-е Руководство ВОЗ по обеспечению качества питьевой воды (2017)). Органами-мишенями, по воздействию на которые установлены значения референтных доз (RfD), являются сердечно-сосудистая система (по данным эпидемиологических исследований, опорный эффект —



артериальная гипертензия) и выделительная система (RfD установлена в 2-летних экспериментах на мышах, опорный эффект — нефропатия) [2–4]. При этом доказано, что для человека основным источником поступления бария в организм являются пищевые продукты [1]. Питьевая вода может вносить значительный вклад в общее потребление бария на территориях с высокими концентрациями в воде. Ингаляционный путь поступления актуален только для производственного сценария воздействия.

Национальный норматив (ПДК) бария в воде был установлен с учетом 100 % вклада воды в суточное поступление бария в организм. Данные по содержанию бария в основных видах пищевой продукции и уровням его потенциального суточного поступления с рационом, а также системные данные о содержании бария в воде источников и питьевой воде централизованных и нецентрализованных систем водоснабжения в нашей стране отсутствовали. Несмотря на наличие в перечне обязательных контролируемых показателей, барий в питьевой воде ранее не определялся в обязательном порядке и отсутствовал до 2021 г. в форме ведомственной отчетности 17(18) (Сведения о санитарном состоянии территории) в перечне показателей для ежегодного предоставления отчетности. В доступной научной литературе и научно-технической документации данные о поступлении бария с водой и алиментарно для стран, находящихся в сходных социально-экономических и экологических условиях (Российская Федерация, страны СНГ), не представлены.

Таким образом, для корректировки норматива целесообразно определение вклада воды в суммарное суточное поступление в условиях республики.

Целью представленной в настоящей статье работы являлась оценка комплексного поступления бария в организм человека как создание доказательной базы для актуализации норматива в питьевой воде в Республике Беларусь. Работа реализовывалась в рамках НИР по заданию 01.02 подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 гг.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: изучить уровни содержания бария в питьевой воде и воде источников питьевого водоснабжения Республики Беларусь; дать оценку среднесуточного поступления бария в организм с водой; изучить алиментарное поступление бария в организм; оценить комплексное поступление бария в организм и установить удельный вклад воды в формирование среднесуточной дозы; на основе сформированной доказательной базы научно обосновать и разработать новую предельно допустимую концентрацию бария в питьевой воде.

В рамках задания проведен анализ данных собственных лабораторных исследований, ретроспективных данных учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, Минжилкомхоза и организаций Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды о распространенности и уровнях содержания бария более чем в 4300 пробах воды централизованных систем питьевого водоснабжения и водоисточников, в том числе с учетом областного деления.

Оценка алиментарной экспозиции проводилась методом изучения частоты потребления пищевых продуктов. Стандартная анкета частотного метода была адаптирована путем включения продуктов, являющихся существенными источниками поступления бария по данным литературы (сухие завтраки, бразильские орехи и др.), и уточнения стандартных размеров порций на 1 прием пищевых продуктов. Анкета содержала 69 видов продуктов, в том числе крупяные и макаронные изделия, хлебобулочные изделия, кондитерские изделия, масложировую продукцию, молочную продукцию, овощи, фрукты, яйца, мясо и мясные изделия, рыбу, кофе, чай, алкогольные напитки [4]. С применением анкеты проведено анкетирование представителей взрослого населения активного возраста, проживающего в городской местности (301 респондент в возрасте 17–25 лет). Проведены лабораторные исследования на содержание бария 372 образцов пищевой продукции, сформированных в 10 групп, соответствующих анкете, согласно ГОСТ 31870-2012 на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Ultima 2 (Япония-Франция).

Статистическая обработка полученных данных проведена с применением современных прикладных программ пакета Statistica 12.0 и Microsoft Excel 2010. При уровне значимости  $p < 0,05$  распределение данных считалось непараметрическим (отличным от нормального). Данные о фактическом уровне потребления пищевой продукции представлены в виде медианы (Me), интерквартильного размаха (P25–P75) и 95-го перцентиля (P95), для питьевой воды также рассчитывали средние, минимальные и максимальные значения.

При оценке экспозиции с пищевыми продуктами и водой проводилось моделирование незначимых результатов («ниже предела обнаружения» или «не обнаружено») с использованием для замещающих значений нижнего предела количественного определения метода (LOD / ПКО): нижняя граница (далее — НГ) — 0 мг/кг, средний уровень (далее — СУ) —  $\frac{1}{2}$  LOD, верхняя граница (далее —

ВГ) — нижняя граница LOD. При моделировании собственных результатов исследований замещающие значения составили: для СУ — 0,0125 мг/кг и 0,0005 мг/дм<sup>3</sup>, ВГ — 0,025 мг/кг и 0,001 мг/дм<sup>3</sup> соответственно для пищевых продуктов и питьевой воды.

Расчет среднесуточного поступления бария проводили путем комбинирования данных об уровнях потребления продуктов (воды) и содержания бария в различных продуктах и воде: отдельно с рационом и питьевой водой, суммарное поступление из воды и пищевых продуктов. При расчете доз использовали как рекомендуемое ВОЗ значение 60 кг, так и стандартное значение массы тела 70 кг. Моделирование оценки уровней алиментарной экспозиции населения проводилось по 5 сценариям (в том числе аггравированному) для каждого вида продукции, при этом учитывали Me и 95P содержания бария в изучаемых группах пищевых продуктов и уровня их потребления, массу тела. Реалистичный сценарий (модель 1) основывается на средних (медиана) уровнях содержания бария в пищевых продуктах и потребления этих продуктов, причем модель 2 реалистичного сценария учитывает только потребителей и позволяет определить вносящие наибольший вклад в алиментарную нагрузку группы пищевых продуктов. Модель 5 (пессимистичный (аггравированный) сценарий) учитывает высокое содержание бария в пищевых продуктах и высокий уровень потребления (95P). Более подробно результаты исследований алиментарной экспозиции бария по различным сценариям представлены в ранее опубликованной статье [3].

Оценку уровней экспозиции барием с питьевой водой проводили на основании данных об уровнях содержания бария в воде и удельного водопотребления для 3 возрастных групп населения (взрослые, дети 0–6 лет, дети 6–18 лет). Сформированы сценарии, предусматривающие различные уровни экспозиции с питьевой водой путем комбинаций расчетных уровней содержания бария в воде (Min, 25P, Me, M, 75P, 95P, Max) с различными уровнями водопотребления: стандартными (консервативными) — 2 л/сутки для взрослых, 0,67–1 л/сутки для детей в возрасте 0–6 лет, 1,5 л/сутки для детей в возрасте 6–18 лет; приближенными к реальным условиям водопотребления — для взрослых 1 л/сутки, 1,5 л/сутки и 3 л/сутки (соответствуют округленным значениям Me для потребителей и не потребителей и P95, полученным в рамках исследований).

На следующем этапе для целей настоящей работы определялась суммарная экспозиция (поступление в организм) бария алиментарно и с питьевой водой (5 сценариев для алиментарной экспозиции, 7 сценариев для экспозиции с питьевой водой (Min, 25P, Me, M, 75P, 95P, Max) и 35 их комбинаций), определялись уровни и приоритетные источники экспозиции, устанавливался удельный вклад воды в формирование дозы (включая расчеты доз при различной массе тела: 60 кг — рекомендуемая ВОЗ и 70 кг — стандарт для Республики Беларусь).

Установлено, что суммарное поступление бария в организм с рационом и питьевой водой при реальных сценариях воздействия в целом по Республике Беларусь составляет (Me) от 0,33 мг/сутки при минимальном водопотреблении (1 л) до 0,49 мг/сутки при максимальном водопотреблении (3 л), при этом население, проживающее в регионах с высоким (P95) содержанием бария в воде, может получать до 1,41 мг бария в сутки.

Полученные расчетные значения среднесуточного поступления бария с рационом, питьевой водой, суммарного поступления из воды и пищевых продуктов сопоставлялись со значениями референтных доз, использовавшихся при обосновании гигиенических нормативов бария в воде (коэффициент опасности HQ) — TDI 0,21 мг/кг массы тела в сутки, ВОЗ, 2017; RfD 0,07 мг/кг массы тела в сутки, ВОЗ, 2011, US EPA, 1998; максимальная недействующая доза 0,005 мг/кг массы тела в сутки (для воды), СССР, 1979.

Определены уровни и приоритетные источники суммарной экспозиции. Удельный вклад воды в формирование среднесуточной дозы устанавливался при разных сценариях (включая расчеты доз при различной массе тела: 60 кг и 70 кг). Показано, что на уровне страны в целом удельный вклад воды в суммарное суточное поступление бария для реалистичных сценариев экспозиции (1-я и 2-я модели алиментарной экспозиции, медианные концентрации бария в воде) составлял около половины (40–42% при стандартном водопотреблении, 51,2% при водопотреблении 3 л/сутки), минимальный вклад воды для реалистичных сценариев отмечен для низких уровней потребления воды (1 л). С увеличением концентрации бария в воде источников и систем питьевого водоснабжения ее удельный вклад в среднесуточную дозу существенно увеличивался — при P95 до 78,6% (водопотребление 2 л).

Установлено, что на уровне страны в целом удельный вклад воды в суммарное суточное поступление бария для низких уровней потребления воды (1 л/сутки, 1-я и 2-я модели алиментарной экспозиции) при концентрации бария в воде на уровне Me и при P95 составлял 27,2–27,5% и 64,5–64,8% соответственно (рисунок 1). При стандартном водопотреблении (2 л/сутки) удельный вклад воды в суммарное суточное поступление бария (1-я и 2-я модели алиментарной экспозиции) при

концентрации бария в воде на уровне Me и при P95 находился на уровне 42,0–42,4% и 78,6–78,9% соответственно (рисунок 2).

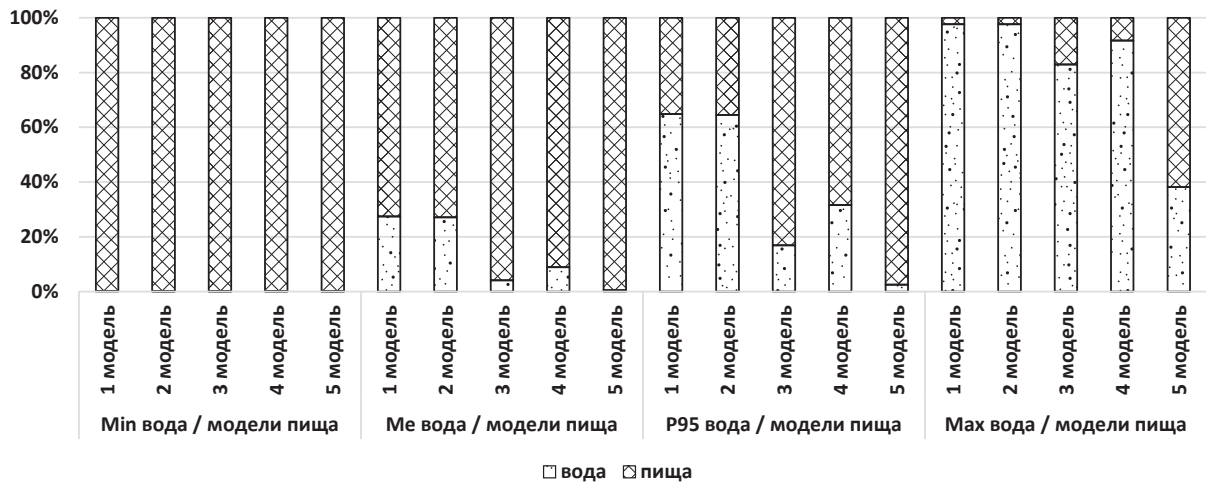


Рисунок 1 – Удельный вклад воды (%) в среднесуточное поступление бария в организм (по республике в целом) при водопотреблении 1 л/сутки

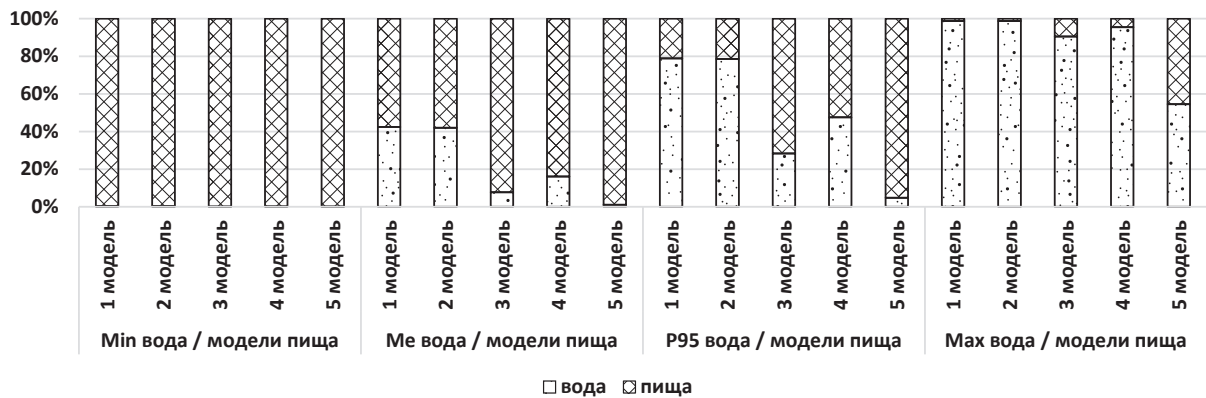


Рисунок 2 – Удельный вклад воды (%) в среднесуточное поступление бария в организм (по республике в целом) при водопотреблении 2 л/сутки

Установленные значения диапазонов вклада воды в суммарное суточное поступление в организм и другие результаты исследований по заданию 01.02 совместно с данными, полученными в рамках реализации гранта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований № M20–071 «Экспериментальные модели патологии в оценке рисков воздействия химических факторов на здоровье чувствительных групп населения» [4, 5], послужили доказательной базой для комплексного гигиенического нормирования бария в питьевой воде с учетом региональных сценариев воздействия и позволили обосновать возможность актуализации ПДК в сторону его «смягчения» по критериям риска здоровью — 0,7 мг/л. Подготовлен проект постановления Совета Министров Республики Беларусь «О внесении изменения в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 г. № 37» в части внесения изменений в таблицу 2 гигиенического норматива «Показатели безопасности питьевой воды», утвержден постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29 ноября 2022 г. № 829, вступил в силу 8 марта 2023 г.

## Литература

1. Дроздова, Е. В. Медико-экологические риски в контексте устойчивого развития / Е. В. Дроздова // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: С. И. Сычик (гл. ред.), Г. Е. Косяченко (зам. гл. ред.) [и др.]. — Минск: РИВШ, 2019. — Вып. 29. — С. 168–177.
2. Дроздова, Е. В. К вопросу научного обоснования гигиенического нормирования бария питьевой воде / Е. В. Дроздова, Е. И. Цимберова // Мед. журн. — 2019. — № 1. — С. 4–7.

3. Оценка алиментарной экспозиции барием в условиях Республики Беларусь / Е. В. Дроздова [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: С. И. Сычик (гл. ред.), Г. Е. Косяченко (зам. гл. ред.) [и др.]. — Минск: Изд. центр БГУ, 2021. — Вып. 31. — С. 22–30.

4. Дроздова, Е. В. Обоснование актуализации гигиенического норматива бария в питьевой воде на основе данных о комплексном поступлении в организм и оценки рисков здоровью / Е. В. Дроздова // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: С. И. Сычик (гл. ред.) [и др.]. — Минск: Изд. центр БГУ, 2022. — Вып. 32. — С. 21–34.

5. Experimental models of animal chronic pathology in assessing health risks for sensitive population groups / E. V. Drozdova [et al.] // Health Risk Analysis. 2022. — № 2. — P. 185–195.

Поступила 17.10.2023

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ ЗДОРОВЬЮ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ФАКТОРОМ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

Дроздова Е. В., к. м. н., доцент, [risk.factors@rspch.by](mailto:risk.factors@rspch.by),  
Суравец Т. З., [risk.factors@rspch.by](mailto:risk.factors@rspch.by),  
Фираго А. В., [risk.factors@rspch.by](mailto:risk.factors@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

За последние годы действующая система государственного надзора за безопасностью питьевого водопользования совершенствовалась. Актуализируются показатели химической безопасности питьевых вод, требования к мониторингу в системах водоснабжения, внедряются элементы методологии анализа рисков здоровью. При этом если методические аспекты проведения оценки рисков здоровью, ассоциированных с химическим фактором в воде, отработаны и применяются для обоснования управленческих решений, то аспекты количественной оценки микробиологических рисков, ассоциированных с водным фактором, в нашей стране не изучались. Традиционно на постсоветских территориях и в мире оценка безопасности питьевой воды в эпидемическом отношении проводится по перечню индикаторных показателей (фекальных индикаторных бактерий) [1, 2]. В то же время по данным проведенных оценок (научных и результатов текущего мониторинга в странах) показано, что такая система не в полной мере позволяет обеспечить безопасность, поскольку:

1) не всегда является эффективным и достаточным контроль подаваемой населению воды только по индикаторным бактериологическим показателям в связи с тем, что вирусы и паразиты являются значительными микробиологическими опасностями в питьевой воде, их поведение в окружающей среде и процессы водоочистки существенно отличаются от фекальных индикаторных бактерий. Отмечаются вспышки водно-обусловленных заболеваний при соответствии воды установленным нормативам по фекальным индикаторным бактериям;

2) имеет место запоздавшая информированность — получение результатов исследований уже после произошедшего воздействия на здоровье (длительность исследований — 3 суток).

Внедрение методических подходов к анализу рисков здоровью, так называемого риск-ориентированного надзора, является одним из наиболее перспективных направлений совершенствования систем надзора за безопасностью жизнедеятельности. Методики количественной оценки, позволяющие представить данные в доступном для понимания одном числовом виде и оценить ситуацию в динамике, представляют особый интерес. Данный аспект остается актуальным и требует имплементации новых современных подходов, несмотря на положительную динамику в области обеспечения безопасности воды в эпидемиологическом отношении. Опубликованные данные свидетельствуют о том, что контроль безопасности питьевого водоснабжения на основе индикаторных микробиологических показателей безопасности является не всегда достаточным (ВОЗ, 2016, 2017; Ю. А. Рахманин с соавт. 2016). В дополнение к традиционному надзору на основе индикаторных показателей в питьевом водоснабжении и рекреационном водопользовании Всемирная организация здравоохранения рекомендует применение методик количественной оценки микробиологических рисков (далее — QMRA) (Quantitative microbial risk assessment: application for water safety management, ВОЗ, 2016). Ряд зарубежных стран, которые широко используют поверхностные источники водоснабжения, апробировали и на законодательном уровне имплементировали принципиально новые подходы — Канада, США, Нидерланды, Австралия, Новая Зеландия. Представлялись интересными

разработка и применение адаптированной к национальным особенностям методики для оценки количественных рисков, ассоциированных с водным фактором.

Целью исследования являлась оценка микробиологических рисков здоровью, ассоциированных с водой, с учетом региональных особенностей. Исследования выполнялись в рамках задания 01.03 подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 гг.

В рамках задания проведено углубленное изучение научных публикаций авторитетных научных организаций (русскоязычных и зарубежных), официальных руководств ВОЗ и иных международных организаций и национальных руководств стран ближнего и дальнего зарубежья. Выполнены лабораторные исследования проб воды из источников питьевого водоснабжения и питьевой воды на выходе в городах с численностью населения свыше 100 тысяч человек по санитарно-микробиологическим показателям (по нормируемым индикаторным стандартизованными методами; определение патогенных бактерий рода *Shigella spp.* и энтероинвазивных *E. coli* (EIEC), *Salmonella spp.*, термофильных кампилобактерий (*Campylobacter spp.*) методом полимеразной цепной реакции в режиме «реального времени»), вирусологическим показателям (энтеровирусов, аденовирусов), по паразитологическим показателям (наличие ооцист криптоспоридий, цист лямблий, яиц гельминтов). По результатам лабораторных исследований изучена распространенность, таксономическая и количественная характеристика микроорганизмов (бактерии, вирусы, простейшие) в воде источников питьевого водоснабжения. Создана база данных, содержащая информацию о микробиологической характеристике воды источников питьевого водоснабжения.

По сравнению с классическими подходами принципиальное отличие QMRA заключается в том, что оценка проводится на данных о непосредственно патогенных микроорганизмах, выделяемых из воды, а не на индикаторных условно-патогенных организмах. Важной задачей при этом на первом этапе исследований в этой связи является обоснование выбора репрезентативных (референтных, индексных) патогенных микроорганизмов (далее — РПМ) для бактерий, вирусов и простейших (не менее 1 представителя) [1, 2].

Обосновывать выбор патогенов целесообразно с учетом специфики страны. При отборе референтных (контрольных) патогенов следует учитывать следующие факторы: передача через воду выявлена в качестве пути передачи инфекции; имеется достаточно данных для проведения КОМП, включая данные о взаимосвязи между дозой и реакцией и данные о бремени заболевания; наличие в источнике воды; выживаемость в окружающей среде; восприимчивость к удалению или подавлению активности в ходе обработки; инфективность (способность микроорганизма внедряться в организм человека), частота возникновения и степень тяжести заболеваний. Оптимальный выбор референтного патогена должен обеспечивать QMRA по наихудшему сценарию [1, 2].

По результатам проведенных исследований обоснованы потенциальные РПМ для QMRA по сценарию с фекально-оральным механизмом передачи инфекций при пероральном поступлении с питьевой водой, фокусе на заболеваниях желудочно-кишечного тракта как основных эффектах влияния на здоровье в условиях Республики Беларусь: аденовирусы (РПМ для вирусов), энтеропатогенные кишечные палочки или кампилобактерии (РПМ для бактерий), криптоспоридии или лямблии (РПМ для простейших). Предложено использовать модели дозозависимой реакции для расчета вероятности инфицирования в результате воздействия референтных микроорганизмов в питьевой воде с целью количественной оценки рисков здоровью на основе данных зарубежных публикаций.

ГУ «Республиканский научно-практический центр эпидемиологии и микробиологии» разработана новая технология количественной детекции индикаторных вирусов в эпидемически значимых водных объектах. Результаты сопоставительных вирусологических исследований проб воды из источников питьевого водоснабжения и непосредственно питьевой воды в отношении энтеровирусов и аденовирусов человека, выполненных с применением разработанной технологии, выявили существенные различия полученных результатов. Показано, что при нулевом уровне выявления энтеровирусов в более 5 % проб обнаружены ДНК аденовирусов [3, 4]. Это подтверждает гипотезу о целесообразности рассмотрения аденовирусов в качестве референтного вируса для QMRA. Индикаторная роль аденовирусных патогенов обусловлена не только их достоверно повышенной частотой циркуляции в воде по сравнению с энтеровирусами, но и устойчивостью к факторам внешней среды, а также отсутствием сезонности в регистрации у населения. Учитывая устойчивость аденовирусов к факторам среды, и в особенности к ультрафиолетовому облучению, данный вирус особенно актуален как РПМ для Республики Беларусь, поскольку данный метод обеззараживания широко распространен на подземных водозаборах, преобладающих в республике.

Аналитические исследования литературных данных свидетельствуют, что *Campylobacter* рассматривается как один из наиболее значимых возбудителей острых гастроэнтеритов в мире. Про-

веденные в республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены» исследования по изучению микробиологического профиля проб воды в ситуации эпидемиологического благополучия свидетельствовали об эффективности используемых методов контроля и технологий водоподготовки, нестандартные пробы по индикаторным микробиологическим показателям и патогены методом ПЦР установлены не были. В то же время, учитывая особенности и сложности выделения кампилобактерий (высокая чувствительность к средам и условиям культивирования), предлагается в дальнейшем сконцентрироваться на кишечной палочке как приоритетном РПМ-бактериитном патогене (кампилобактерии как резерв).

Учитывая, что вода может способствовать передаче некоторых простейших за счет длительного их выживания с формированием устойчивых к внешним воздействиям цист, ооцист, в настоящее время этому аспекту уделяется особое внимание как «эмерджентным патогенам» на международном уровне. Известны модели дозозависимой реакции для криптоспоридий и лямблий.

Уровень потенциальной экспозиции (количество потенциально поступающих в организм человека патогенных микроорганизмов) оценивается на основе данных об уровнях присутствия референтных микроорганизмов в воде и объема водопотребления, а вероятность инфицирования человека — с применением известных дозозависимых моделей реакции организма при различных путях поступления возбудителей. Риски при этом рассчитываются с учетом реакции отдельных групп населения, в том числе наиболее чувствительных. В QMRA используются страновые данные о продолжительности заболевания, степени его тяжести, частоте бессимптомных инфекций.

Результаты исследований по заданию 01.03 позволили разработать метод QMRA, формализованный в Инструкции по применению № 020–1221 «Метод количественной оценки риска здоровью, ассоциированного с микробиологическим фактором в питьевой воде» (утверждена заместителем Министра здравоохранения — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 11.05.2022). Инструкция содержит полную схему и описание этапов QMRA для здоровья населения, оригинальные рекомендации по формированию перечня референтных патогенов (включая перечень научно обоснованных референтных патогенов для условий республики, представляющих основные уровни организации микроорганизмов). Изложенный в Инструкции метод позволяет оценить риски количественно. Для упрощения практического использования приведена необходимая систематизированная справочная информация, примеры выполнения расчетов.

Положения Инструкции по применению могут использоваться для обоснования выбора наиболее эффективных технологий водоподготовки с позиции достижения заданной степени очистки питьевой воды, а также с учетом баланса рисков микробиологической и химической природы; обоснования приоритетных мероприятий, направленных на устранение (снижение) уровня риска для здоровья населения, достижение целевого уровня риска; обеспечения объективной информацией об установленных уровнях риска лиц, участвующих в принятии управленческих решений, населения и иных заинтересованных организаций; обоснования нормативных требований при разработке нормативных правовых актов по обеспечению безопасности питьевого водоснабжения.

Разработанный метод может использоваться в дополнение к гигиенической оценке безопасности питьевого водоснабжения на основе индикаторных (условно патогенных) микроорганизмов.

Апробация алгоритма оценки риска вирусной контаминации питьевой воды позволила установить, что вероятность инфицирования в результате употребления дневной нормы водопроводной воды составила  $1 \times 10^{-3}$ , годовой риск инфицирования — 0,31. Таким образом, в соответствии с известными в литературе данными такой риск может быть охарактеризован как «средний» [4]. В соответствии с проведенными испытаниями разработанного алгоритма вирусной контаминации питьевой воды рассчитанный риск здоровью, ассоциированный с дневным и ежегодным водопотреблением, превысил «приемлемый уровень», что диктует необходимость привлечения внимания к вопросам проведения адекватной оценки качества питьевой воды.

## Литература

1. Перспективы применения в Республике Беларусь количественной оценки микробиологических рисков, ассоциированных с питьевой водой / Е. В. Дроздова [и др.] // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Пермь, 15–16 мая 2019 г.) / под ред. А. Ю. Поповой, Н. В. Зайцевой. — Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2019. — С. 130–133.

2. Изучение микробиологического профиля питьевой воды на этапе обоснования референтных патогенов для количественной оценки рисков здоровью / Е. В. Дроздова [и др.] // Здоровье и окру-

жающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: С. И. Сычик (гл. ред.) [и др.]. — Минск: Изд. центр БГУ, 2020. — Вып. 30. — С. 14–22.

3. Научно-экспериментальное обоснование возможности использования аденовирусов человека в качестве контролируемых агентов при анализе качества воды и оценке ее безопасности по вирусологическим показателям / Т. В. Амвросьева [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: С. И. Сычик (гл. ред.), Г. Е. Косяченко (зам. гл. ред.) [и др.]. — Минск: РИВШ, 2019. — Вып. 29. — С. 3–7.

4. Новая технология количественной детекции индикаторных вирусов в эпидемически значимых водных объектах / Т. В. Амвросьева [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: С. И. Сычик (гл. ред.) [и др.]. — Минск: Изд. центр БГУ, 2022. — Вып. 32. — С. 3–9.

Поступила 20.09.2023

## **О РЕАЛИЗАЦИИ ПРАВА ДЕТЕЙ НА БЕЗОПАСНУЮ И БЕЗВРЕДНУЮ УПАКОВАННУЮ ПИТЬЕВУЮ ВОДУ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕКЛАМЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ТОРГОВЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ)**

*Исаев Д. С., d.isaev@s-znc.ru,  
Еремин Г. Б., к. м. н., yeremin45@yandex.ru,  
Кирьянова М. Н., к. м. н., mtn@ro.ru,  
Маркова О. Л., к. б. н., olleonmar@mail.ru,  
Борисова Д. С., vyucheykaya.ds@gmail.com*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия

В соответствии с Гражданским кодексом Российской Федерации (часть вторая) от 26.01.1996 № 14-ФЗ, Законом РФ от 07.02.1992 № 2300-1 «О защите прав потребителей», Федеральным законом от 02.01.2000 № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов» установлены требования к качеству и безопасности различных товаров, в том числе пищевых продуктов. Особое внимание уделяется упакованной (бутилированной) питьевой воде для детей различного возраста, полностью не сформировавшийся организм которых в большей степени уязвим к воздействию загрязняющих веществ, содержащихся в питьевой воде, так как объем потребляемой воды относительно веса у них выше, чем у взрослых [1]. В связи с этим требования к качеству упакованной питьевой воды для детского питания детализированы в Техническом регламенте Евразийского экономического союза «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду» ТР ЕАЭС 044/2017. Вопросу о том, как выполняются требования российского законодательства о реализации права детей на упакованную питьевую воду гарантированного качества в части рекламы такой продукции производителями и в торговых сетях, посвящено настоящее исследование. На предварительном этапе исследования проанализированы сведения об основных производителях и ассортименте данного вида продукции. Растущий рынок упакованной питьевой воды в нашей стране насчитывает около 2000 производителей, что подтверждается данными Союза производителей бутилированных питьевых, минеральных вод и безалкогольных напитков и вследствие выраженного «локального патриотизма» (60 % россиян предпочитают покупать «местную воду») фрагментирован [2]. Из них, как отмечает управление безакцизных товарных групп (Центр развития перспективных технологий, только 28 выпускают продукцию для детей [3].

При изучении ассортимента упакованной питьевой воды для детского питания учитывались современные тенденции развития в России интернет-продаж. В частности, если в 2017 г. 55 % потребителей для приобретения бутилированной воды предпочитали супермаркеты и небольшие магазины, то с 2020 г. большинство пользуется услугами доставки по заказам, оформленным на сайтах магазинов и других онлайн-сервисов, причем наиболее высокая доля покупателей, предпочитающих интернет-магазины, в Москве (83,6 %) и Санкт-Петербурге (73,1 %) [4]. Как видно из данных анализа, выполненного специалистами отдела развития ecomarket.ru, с весны 2020 г. доля интернет-продаж увеличилась на 80 %, а к 2022 г. — в разы, при этом товары для детей вошли в десятку наиболее часто заказываемых [5].

По результатам выполненного поиска в Санкт-Петербурге продукция местных производителей бутилированной воды для детского питания не обнаружена, 57 % предприятий находятся в Центральном федеральном округе, а 43 % — в Московской области. Исследован ассортимент марок упакованной воды для детского питания, доступный на сайтах 15 крупнейших торговых сетей, в том числе двух — специализированных для детей, а также 5 ведущих продуктовых онлайн-ритейлеров [5] и непосредственно в магазинах Санкт-Петербурга. В сети интернет ассортимент данного вида продукции насчитывает 39 наименований, 19 из которых встречаются и на полках магазинов. Среди изученных продуктов большинство предназначено для детей с первых дней жизни и только 2 (5 %) — для детей старше 3 лет.

Для исследования выбраны наиболее распространенные в Санкт-Петербурге (более чем в 50 % торговых сетей) марки детской воды с учетом данных об их популярности в общероссийских рейтингах. Реклама упакованной питьевой воды для детей, доступная для потребителя из интернет-источников, оценивалась нами с позиций информативности и соответствия обязательным требованиям безопасности и физиологической полноценности, содержащимся в действующих нормативных документах.

Общие требования к информации для потребителя установлены законами Российской Федерации, в частности, ст. 10, п. 1 закона РФ «О защите прав потребителей» от 07.02.1992 № 2300-1 (ред. от 05.12.2022) содержит требование: «Изготовитель обязан своевременно предоставлять потребителю необходимую и достоверную информацию о товарах, обеспечивающую возможность их правильного выбора»; а в п. 2 изложены требования к ее содержанию: «Информация ... в обязательном порядке должна содержать: наименование технического регламента или ... свидетельствующее об обязательном подтверждении соответствия товара обозначение; в отношении продуктов питания: сведения о составе, ... назначении, условиях применения и хранения продуктов питания, ... дате и месте изготовления и упаковки (расфасовки); срок годности; адрес (место нахождения), фирменное наименование изготовителя...». Обязанность предоставлять потребителям полную и достоверную информацию о качестве и безопасности пищевых продуктов регламентируется также ст. 5 «Информация о качестве и безопасности пищевых продуктов ...» закона «О качестве и безопасности пищевых продуктов» от 02.01.2000 № 29-ФЗ (ред. от 13.07.2020).

Более подробно требования к информации для потребителя изложены в ГОСТ Р 51074-2003 «Продукты пищевые. Информация для потребителя», п. 3.4: «Информация для потребителя должна быть однозначно понимаемой, полной и достоверной, чтобы потребитель не мог быть введен в заблуждение относительно состава, свойств, пищевой ценности, природы, происхождения, способа изготовления и употребления, а также других сведений, характеризующих прямо или косвенно качество и безопасность пищевого продукта, и не мог ошибочно принять данный продукт за другой...».

Основой для оценки полноты информации о безопасности упакованной питьевой воды для детского питания в рекламном контенте выбраны обязательные требования к маркировке, регламентируемые Техническим регламентом Евразийского экономического союза «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду» (ТР ЕАЭС 044/2017, с изменениями на 05.10.2021), согласно п. 46 которого маркировка должна содержать следующую информацию:

- а) слова «для детского питания» или иное указание предназначения питьевой воды для детского питания;
- б) сведения о возрастной группе детей, для которой предназначена питьевая вода (от 0 до 3 лет или с 3 лет);
- в) общая минерализация (в г/л или г/дм<sup>3</sup>);
- г) слова «основной состав» — далее указываются элементы химического состава питьевой воды для детского питания и предельные (минимальные и максимальные) значения их количества (в мг/л или мг/дм<sup>3</sup>);
- д) условия хранения и срок годности после вскрытия.

Поскольку согласно п. 30 ТР ЕАЭС 044/2017 «для производства питьевой воды для детского питания должна использоваться только столовая природная минеральная вода или природная питьевая вода», в рекламе дополнительно должны быть представлены сведения об источнике (наименование и местонахождение источника воды, номер скважины) и при наличии — методах дополнительной обработки воды (фильтрация, очистка методом обратного осмоса и т. п.).

Кроме того, при анализе оценивалось соблюдение требований к качеству визуализации информации для потребителя, изложенных в ГОСТ Р 51074-2003 «Продукты пищевые. Информация для потребителя», п. 3.8, п. п. 3.8.1: «Информация должна быть четкой и легко читаемой».

При изучении рекламы упакованной питьевой воды для детского питания для каждой торговой марки продукции учитывались данные, размещаемые на сайтах интернет-магазинов, официальных



сайтах производителей, в сопоставлении с указанными на этикетках, которые представляют, как правило, основу рекламного контента в сети интернет.

Результаты исследования рекламного контента для 10 наиболее распространенных марок детской воды выявили ряд нарушений:

В рекламе изученных образцов, доступной на сайтах интернет-магазинов, часто отсутствует обязательная информация, предусмотренная ТР ЕАЭС 044/2017, а именно:

– сведения о *возрастной группе* детей, для которой предназначена питьевая вода (от 0 до 3 лет или с 3 лет), — в 10% представленных позиций;

– сведения об *общей минерализации и основном составе воды* — для 30%;

– данные об *условиях хранения и сроке годности* после вскрытия — в 40%.

Информация о *производителе* присутствует в рекламе 40% марок воды, об *источнике* исходной воды и номере артезианской скважины — только в 30% случаев, в остальных рекламных продуктах в большинстве случаев есть указание на артезианский источник без номера.

Только для двух марок в рекламе содержится информация о способе обработки и методе обеззараживания исходной воды: указание на применение фильтрации. Вода детская «Агуша», как указывается в рекламе, проходит кондиционирование по фтору и йоду, что является нарушением требований ТР ЕАЭС 044/2017, п. 31: «не допускается внесение препаратов йода и фтора при производстве питьевой воды, предназначенной для детей от 0 до 3 лет».

Невозможность получить из рекламного контента полную информацию о товаре, как правило, объясняется отсутствием или недостаточно четким отображением фото этикеток, часто — представлением их в формате видеосъемки с невысоким качеством воспроизведения. Это касается рекламы 70% марок воды для детского питания.

Для подробного ознакомления с качеством продукта потребитель может использовать на сайте раздел «Подробнее о товаре» или «Описание». Однако эти разделы часто наполнены неконкретными утверждениями о необходимости правильного питьевого режима малыша, пользе воды и отдельных микроэлементов для здоровья, повышении жизненной активности и иммунного статуса организма, неподтвержденными результатами исследований в отношении химической и микробиологической безопасности («ФрутоНяня»), отсутствии в составе искусственных ароматизаторов, красителей, консервантов, которых быть не должно («Черноголовка Бэйби, детская», «Источник здоровой жизни»), идеальной сбалансированности, «не содержит примеси и микроорганизмы, не имеет постороннего запаха и вкуса» («Стэлмас детская»), удобстве использования («Fleur Alpine», «Мика-Мика»), экологической чистоте местности, в которой она добывается, и т. п. («Архыз Vita для малышек», «Источник здоровой жизни»).

При сравнении сведений об *общей минерализации и основном составе* воды, представленных в рекламном описании продукта, с нанесенными на этикетки отмечается несовпадение концентраций нормируемых показателей (вода детская «Агуша»). В 90% описаний не представлены нормируемые массовые концентрации биологически активных компонентов — ионов фтора и йода. В интернет-магазине «Яндекс Маркет» указаны концентрации элементов, превышающие нормируемый уровень: кальция — в описании воды «ФрутоНяня» и магния для воды «Архыз Vita для малышек».

Следует отдельно отметить рекламу воды «Эльбрусинка детская», упакованной в бутылки емкостью 19 л и в описании на маркетплейсе «Ozon» позиционируемой как вода для детей первого года жизни, начиная с момента рождения. Выгода, получаемая производителем при розливе в большие емкости, снижающем стоимость упаковки на единицу объема воды, не оправдывает *нарушение* п. 33 ТР ЕАЭС 044/2017.

Отмечены случаи *несоответствия наименования* воды, вводящего потребителей в заблуждение. На сайте маркетплейса «Яндекс Маркет» в описании воды «Архыз Vita для малышек» присутствует название «Архызик» — так называлась вода «Архыз Vita для малышек» до ребрендинга в 2021 г. Для выяснения этого обстоятельства потребителю нужен дополнительный поиск. В рекламе марки воды «Агуша» присутствует название «вода питьевая для детского питания «Черноголовская для детей», что нарушает требование: «Информация для потребителя должна быть однозначно понимаемой».

Еще менее информативными оказались данные, представленные на сайтах производителей: на половине из них отсутствуют такие обязательные, согласно требованиям ТР ЕАЭС 044/2017, сведения, как *общая минерализация и основной состав* воды, условия хранения и срок годности после вскрытия (как правило, вследствие плохого качества изображений). Только один производитель указал на своем сайте стандарт, в соответствии с которым изготовлен продукт, и на двух сайтах можно найти сведения о применении фильтрации и антимикробной обработки воды УФ-облучением и озонированием и номер эксплуатируемой артезианской скважины.

Наиболее подробно показатели качества воды для детей отражены на *этикетке* товара — 100 % образцов содержат все необходимые по ТР ЕАЭС 044/2017 сведения, а также наименование и адрес производителя. На этикетках изученных марок воды в 60 % случаев производителем указан номер артезианской скважины, в 30 % — номер технических условий на продукт и в 20 % случаев — методы обработки исходной воды.

Этикетка бутилированной воды должна отражать максимально всю информацию о продукте. Однако действующие ГОСТы по оформлению этикеток строго не контролируются. Существуют требования желательные, но не обязательные. Например, согласно европейским государственным стандартам, вода должна быть разлита на том самом месте, где была добыта. Российские стандарты обязывают производителя указывать на этикетке месторасположение скважины, а сообщать о том, что разливали ее по другому адресу, — только рекомендуют. Также рекомендуется приводить на этикетке информацию «прошла глубокую очистку», но жесткого требования нет.

Согласно требованиям п. 3.8.1 ГОСТ Р 51074-2003, «информация может быть нанесена любым способом и должна быть четкой и легко читаемой». Однако на практике в нарушение этого положения этикетка часто пишется мелкими буквами, на нее наносится информация не только основная, но и рекламного характера. Текст на этикетках, изготовленных на прозрачной полипропиленовой или полиэтиленовой пленке, специально предназначенной для пластиковой упаковки, плохо воспринимается потребителями даже с нормальным зрением из-за невысокой контрастности и отраженной блескости.

Таким образом, рекламный контент, представленный на сайтах онлайн-ритейлеров и производителей, как правило, не содержит полной информации о соответствии воды для детского питания требованиям ТР ЕАЭС 044/2017, что обусловлено отсутствием подробного описания продукции и/или низким качеством визуализации данных. В ряде случаев реклама нарушает обязательные требования по указанию на возрастную категорию детей, отдельным показателям состава воды, ограничению емкости тары. Это нарушает право потребителей на получение *однозначно понимаемой, полной и достоверной* информации о безопасности и безвредности упакованной питьевой воды для детей.

## Литература

1. Диэтилгексилфталат как актуальная проблема гигиенической безопасности упаковки и упакованной питьевой воды / Е. В. Зарицкая [и др.] // Гигиена и санитария. — 2022. — Т. 101, № 1. — С. 30–34.
2. Океан возможностей питьевой воды [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://mildberry.ru/cases/ocean/>. — Дата доступа: 20.08.2023.
3. Совфед попросил Роспотребнадзор проверить качество детской питьевой воды [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gazeta.ru/business/news/2022/10/12/18769411.shtml?updated>. — Дата доступа: 20.08.2023.
4. Типичный онлайн-покупатель в России в 2021 году [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/10/10/2021/61618e229a7947975cf67c04](https://www.rbc.ru/technology_and_media/10/10/2021/61618e229a7947975cf67c04). — Дата доступа: 03.05.2023.
5. Топ-10 продуктовых онлайн-ритейлеров [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://new-retail.ru/business/e\\_commerce/top\\_10\\_produktovykh\\_onlayn\\_riteylerov1934/](https://new-retail.ru/business/e_commerce/top_10_produktovykh_onlayn_riteylerov1934/). — Дата доступа: 20.08.2023.

Поступила 25.08.2023

# ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В РАМКАХ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ САНИТАРНО-БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД УЧАСТКА НИЖНЕГО ДОНА

<sup>1,2</sup>Калюзин А. С., [kalyuzhin.as@fncg.ru](mailto:kalyuzhin.as@fncg.ru)

<sup>1</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Волгоград, Россия

Вода — естественная среда обитания различных бактерий. Разнородный состав микрофлоры воды зависит от состава микрофлоры естественных ресурсов (атмосферного воздуха, биогенных слоев почвы, намывов с земной поверхности), а также количества водосбросов, сточных вод промышленных предприятий и животноводческих объектов, приводящих к экологически угнетенному состоянию.

Санитарно-бактериологический контроль за состоянием открытых водоемов совместно с экологическим мониторингом позволяет проработать конкретные решения по улучшению состояния среды обитания, профилактике массовых неинфекционных, инфекционных и паразитарных заболеваний. Изучение экологической ситуации поверхностных источников воды в настоящее время очень актуально, так как качество питьевой воды зависит от качественного состояния природной воды.

Самой надежной профилактикой заболеваний, общепризнанной во всем мире, является своевременная индикация загрязненности воды по определению в отобранных пробах индикаторных микроорганизмов. ОКБ — специфический высокочувствительный показатель фекального загрязнения, выявляется даже при малых загрязнениях; кишечная палочка и сальмонеллы — бактерии рода *Enterobacteriaceae* — являются возбудителями кишечных инфекций [1, 2].

Цель исследования — проведение ретроспективного санитарно-эпидемиологического анализа на основе отчетных данных о санитарно-бактериологическом анализе воды Нижнего Дона в районе г. Ростов-на-Дону в период 2016–2020 гг., 2022 г.

Анализ санитарно-бактериологической характеристики по нормируемому показателю качества воды водоисточников ОКБ (общих колиформных бактерий) участка воды Нижнего Дона в районе г. Ростов-на-Дону за период 2016–2020 гг. проведен согласно данным санитарно-бактериологического мониторинга санитарной микробиологии водных объектов и микробной экологии человека Федерального бюджетного учреждения науки «Ростовский научно-исследовательский институт микробиологии и паразитологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (далее — ФБУН РостовНИИМП Роспотребнадзора) [3] и данным Свидетельства о государственной регистрации базы данных географической информационной системы (ГИС) «ПБА 3–4 групп патогенности, выделенные из воды реки Темерник и Нижнего Дона в районе г. Ростов-на-Дону за период 2022 г.» [4].

Исследования проводили согласно МУК 4.2.1884–04 по следующему перечню индикаторных показателей безопасности: ОКБ. Определение ОКБ (общих колиформных бактерий) было проведено титрационным методом (трехэтапный бродильный метод) с использованием питательной среды Эйкмана с лактозой.

Проведена статистическая обработка полученных данных на персональном компьютере с применением программы Microsoft Excel 16.0.

Для сбора, хранения, отображения, редактирования и анализа пространственных данных применены методы ГИС на основе MapInfo Pro.

Выполнен ретроспективный анализ данных санитарно-бактериологического мониторинга, проведенный сотрудниками ФБУН РостовНИИМП Роспотребнадзора за период 2016–2020 гг., и собственных исследований 2022 г. Выявили наиболее и наименее бактериально загрязненные участки Нижнего Дона в районе г. Ростова-на-Дону. Всего было исследовано 895 проб речной воды и выполнено 4475 определений. Для описания содержания показателя ОКБ в воде использовали количество и процент проб, не соответствующих нормативам, медиану, так как этот статистический

показатель является наиболее адекватным и устойчивым к выбросам при обработке данных разного порядка, и максимальное значение показателя ( $X_{max}$ ).

Таблица 1 – Санитарно-бактериологическая характеристика воды участка Нижнего Дона в районе г. Ростов-на-Дону ОКБ (КОЕ/100 мл)

№ биотопа	Название биотопа	Точки координат	2016–2020 гг.	2022 г.			Норматив КОЕ/100мл
			медиана	min	медиана	max	
1	В районе водозабора г. Ростов-на-Дону	47.227294, 39.822385	68 000	1300	4350	9500	1000
2	Ростовский городской пляж	47.213021, 39.725106	385 000	1300	13 000	130 000	500
3	В районе речного вокзала	47.212604, 39.708923	367 280	2400	18 500	210 000	1000
4	Ниже устья р. Темерник	47.196559, 39.675376	640 000	7000	22 500	950 000	1000
5	500 м ниже выпуска Ростовской городской канализации	47.186792, 39.630993	801 400	9500	22 500	1 300 000	1000
–	В среднем по водоему	–	452 330	–	16170	–	1000

За период исследований установлен высокий уровень содержания санитарно-показательных микроорганизмов в речной воде. В то же время можно сказать, что высокие значения индекса ОКБ могут указывать не только на наличие фекального загрязнения. Так, высокий титр ОКБ может свидетельствовать о неэффективной работе очистных систем и о повышенном содержании бактерий как индикаторной, так и аллохтонной группы.

Наиболее чистыми в бактериальном отношении являются биотопы, находящиеся выше течения реки (рисунок 1).

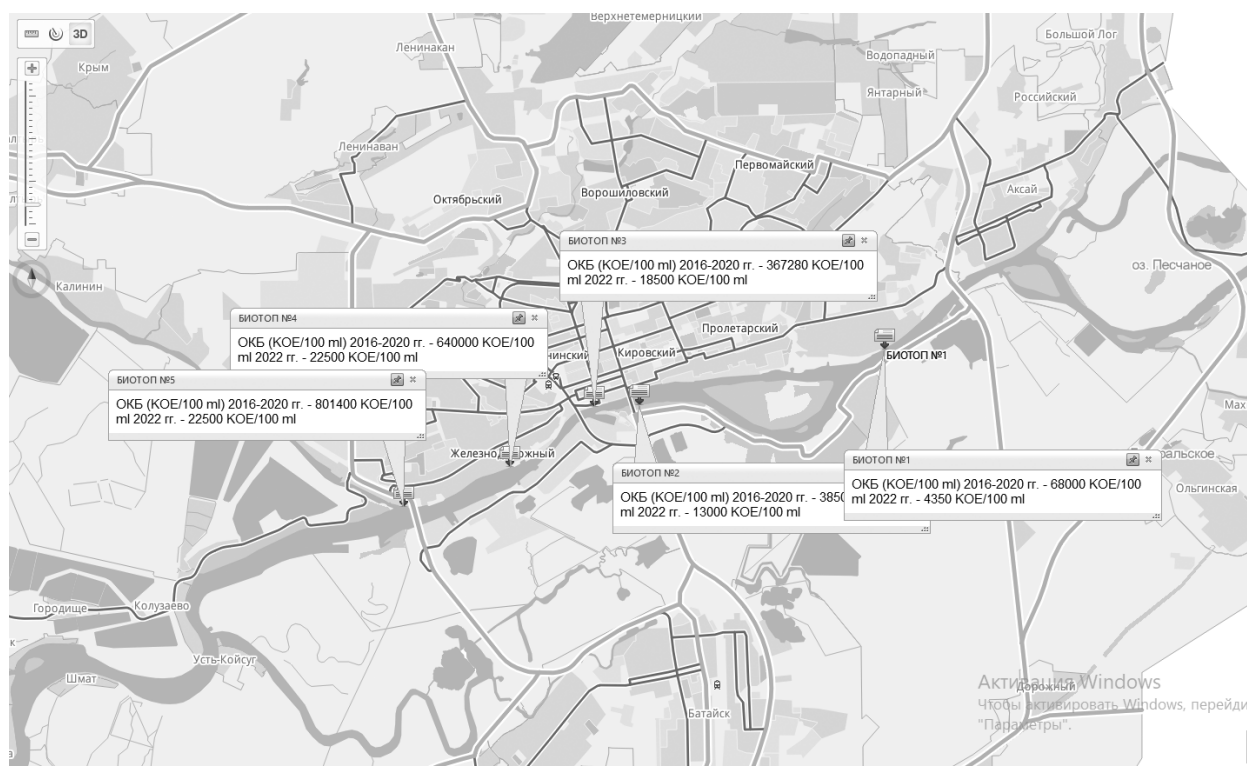


Рисунок 1 – Санитарно-бактериологическая характеристика воды участка Нижнего Дона в районе г. Ростов-на-Дону ОКБ (КОЕ/100 мл)

Кратность увеличения индекса ОКБ не пропорциональна в обоих временных промежутках между биотопом № 1 и № 2, что может свидетельствовать о загрязнении водоема неочищенными сточными водами неустановленной этиологии. В период с 2016–2020 гг. существенные разрывы количественной оценки бактериального загрязнения наблюдались между биотопами № 3 и 4. Известно, что на данном промежутке в р. Дон впадает р. Темерник, протекающая через весь мегаполис и способная увеличить бактериальную напряженность за счет несанкционированных диффузных стоков различного происхождения.

Анализ двух временных промежутков показал, что работа по улучшению санитарно-гигиенических условий в г. Ростов-на-Дону ведется, но уровень бактериального загрязнения остается достаточно высоким и на конец 2022 г. не соответствует нормативам, превышая допустимые нормативы КОЕ ОКБ на 100 мл в 16 раз.

В результате санитарно-эпидемиологического анализа водных объектов на основе данных санитарно-бактериологических исследований лаборатории СМВОиМЭЧ ФБУН РостовНИИМП Роспотребнадзора был выделен наиболее неблагоприятный биотоп на участке Нижнего Дона г. Ростов-на-Дону — «ниже выпуска Ростовской городской канализации» поверхностных вод р. Дон, имеющий высокую степень бактериального загрязнения, в том числе и сальмонеллами. Данный биотоп может представлять угрозу возникновения кишечных инфекций с водным путем передачи для населенных пунктов, находящихся ниже течения р. Дон, использующих реку в качестве водосточника, наиболее крупным среди которых является г. Азов.

Однако в полной мере провести эпидемиологический анализ рекреационных зон не представляется возможным из-за отсутствия официальных методик обнаружения несанкционированных диффузных стоков, а также из-за количественного различия мониторинговых точек рекреационных зон г. Ростова-на-Дону. Ретроспективный анализ санитарно-бактериологического состояния водных объектов позволит в дальнейшем проследить динамику изменения санитарно-эпидемиологической обстановки и возможного ухудшения коммунального благоустройства населения города, определить степень потенциальной эпидемической опасности распространения кишечных инфекций, связанных с водным фактором, и установить приоритетность мероприятий по улучшению санитарно-гигиенических условий проживания населения.

## Литература

1. Журавлев, П. В. Влияние условий водопользования населения на уровень заболеваемости кишечными инфекциями / П. В. Журавлев // Актуальные вопросы эпидемиологического надзора за инфекционными и паразитарными заболеваниями на юге России. Ермольевские чтения: сб. материалов межрегион. науч.-практ. конф., посвящ. памяти и заслугам Зинаиды Виссарионовны Ермольевой, Ростов-на-Дону, 09–10 сент. 2021 г., — Ростов н/Д: ФБУН «Ростовский научно-исследовательский институт микробиологии и паразитологии» Роспотребнадзора; ООО «Мини Тайп», 2021. — С. 81–88.

2. Седова, Д. А. Санитарно-бактериологическая характеристика воды Нижнего Дона 2018–2019 гг. / Д. А. Седова, П. В. Журавлев, Н. В. Алексанина // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XVIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. — Киров: Вятский гос. ун-т, 2020. — С. 31–33.

3. Калюжин, А. С. Возможность прогнозирования заболеваемости населения г. Ростов-на-Дону кишечными инфекциями с водным путем передачи / А. С. Калюжин // Актуальные вопросы эпидемиологического надзора за инфекционными и паразитарными заболеваниями на юге России. Ермольевские чтения: сб. материалов межрегион. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня образования государственной санитарно-эпидемиологической службы России и 125-летию со дня рождения Зинаиды Виссарионовны Ермольевой, Ростов-на-Дону, 08 сент. 2022 г. / под ред. Т. И. Твердохлебовой. — Ростов н/Д: Деловая литература, 2022. — С. 197–201.

4. ГИС «ПБА 3–4 групп патогенности, выделенные из воды реки Темерник и Нижнего Дона в районе г. Ростов-на-Дону за период 2022 г.»: свидетельство о государственной регистрации базы данных RU 2023621191 / А. С. Калюжин, А. Л. Байракова, М. А. Морозова, Т. И. Твердохлебова, М. А. Калюжина; № заявки 2022623988: заявл. 28.12.2022: опубл. 12.04.2023.

Поступила 20.09.2023

# ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, СОЗДАВАЕМЫХ БАЗОВЫМИ СТАНЦИЯМИ 2–4 ПОКОЛЕНИЯ СОТОВОЙ СВЯЗИ, НА НЕКОТОРЫЕ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

<sup>1,2</sup>Лифанова Р. З., [torazo-414@mail.ru](mailto:torazo-414@mail.ru)

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», г. Москва, Россия

Электромагнитные поля (далее — ЭМП) радиочастотного диапазона в последнее время стали одним из ведущих физических факторов окружающей среды. Современная электромагнитная обстановка вызывает обоснованное беспокойство у населения в связи с возможностью недооценки опасности этого фактора для здоровья человека. В современных условиях человек подвергается сочетанному воздействию ЭМП различных частотных диапазонов и интенсивностей, которое обусловлено повсеместным использованием беспроводных средств связи и коммуникаций. Следует отметить, что базовые станции сотовой связи работают круглосуточно, при этом имеет место устойчивый рост их количества и интенсивности воздействия. Стремительное развитие мобильной связи способствовало тому, что существующие научные подходы просто не успевают оценить степень риска воздействия ЭМП этих частотных диапазонов на здоровье человека.

Проведенные ранее исследования условий экспозиции населения ЭМП, создаваемые базовыми станциями сотовой связи, в условиях мегаполиса показали наличие сложной электромагнитной обстановки. В настоящее время в городских условиях используются системы связи 2–4 поколения, такие как GSM, UMTS и LTE. Анализ электромагнитной обстановки показал присутствие всех перечисленных стандартов, поэтому целесообразно рассматривать условия экспозиции населения как мультиспектральной с разными амплитудно-частотными характеристиками. При этом, суммарный уровень экспозиции не превысил предельно допустимый уровень (далее — ПДУ), составляющий  $10 \text{ мкВт/см}^2$  [1].

Проблема оценки влияния мультиспектральной электромагнитной экспозиции в диапазоне частот действующих базовых станций сотовой связи на население является актуальной. Наибольший вклад (более 60 % от общего воздействия) в формирование электромагнитного фона в окружающей среде вносят ЭМП, создаваемые базовыми станциями сотовой связи, работающими преимущественно на частотах 900, 1800, 2100 и 2600 МГц, тогда как доля облучения населения от телерадиовещательных объектов меньше и ограничена по территории. Кроме того, работа базовых станций систем сотовой связи является стохастической, т. е. сложно инструментально оценить максимальный уровень излучения, который связан с количеством абонентов и передаваемой информации. Оценка уровня излучения обычно привязывается к конкретному источнику, тогда как одновременно работают источники не только разных операторов, но и нескольких стандартов, что не всегда указывается в санитарно-эпидемиологическом заключении. В связи с этим может отмечаться превышение ПДУ по суммарному уровню при отсутствии нарушения разрешенной мощности излучения отдельного источника.

Имеющиеся научные публикации о проведенных исследованиях биологических эффектов многочастотных ЭМП противоречивы и не позволяют четко сформулировать критерии потенциально негативного воздействия. Экспериментальные исследования на лабораторных животных являются неотъемлемой частью при разработке и обосновании ПДУ воздействия. Анализ научных литературных данных показал возможности влияния ЭМП диапазона частот систем сотовой связи на систему крови, в частности на процессы в органах кроветворения и уровень функциональной активности компенсаторно-приспособительных реакций организма животных [2].

Экспериментальные исследования являются неотъемлемой частью анализа возможного влияния фактора и установления порога вредного действия и/или недействующего уровня, что является необходимым этапом при определении ПДУ, причем при проведении эксперимента один из уровней должен быть заведомо действующим. При этом коэффициент гигиенического запаса в исследуемом диапазоне частот составляет 50, что является обоснованием к проведению исследований по изучению биологических эффектов мультиспектральной экспозиции в границах порога вредного действия ( $500 \text{ мкВт/см}^2$ ). Анализ результатов исследований, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, показывает наличие ответной реакции ЭМП со стороны кроветворной системы наряду с другими системами организма, что обосновывает актуальность оценки состояния гемопоза

в органах кроветворения, в первую очередь в костном мозге. Анализ клеточного состава костного мозга является одним из способов оценки состояния гемопоэза. Наличие допустимых уровней воздействия в ряде зарубежных стран базируется так же, как в Российской Федерации, на исследованиях с использованием одной частоты ЭМП, однако за рубежом в обосновании ПДУ лежат только острые биологические эффекты, поэтому зарубежные ПДУ превышают российские. Присутствие в среде обитания человека мультиспектрного ЭМП, создаваемого несколькими базовыми станциями одновременно, ставит вопрос о потенциально негативном воздействии на здоровье населения и актуализирует постановку экспериментальных исследований, моделирующих возможные наихудшие условия экспозиции.

Исходя из этого, целью данного исследования являлось изучение биологических эффектов электромагнитных полей в условиях одновременной работы базовых станций систем сотовой связи 2–4 поколений на примере оценки клеточного состава белой крови крыс при потенциально негативных уровнях воздействия.

Объектом исследований являлись 48 половозрелых беспородных крыс массой  $250 \pm 15$  г. Животные были распределены на 4 группы по 12 крыс. Опытные группы животных подвергались многочастотному воздействию ЭМП на частотах 1,8; 2,1 и 2,6 ГГц. В течение 30 дней каждая опытная группа подвергалась круглосуточному облучению с уровнем плотности потока энергии (далее – ППЭ) 250, 500 и 1000 мкВт/см<sup>2</sup> соответственно. Контроль уровней экспозиции в зоне размещения животных осуществлялся с использованием селективного измерителя ЭМП Narda SRM-3000 (Narda Safety Test Solution GmbH, Германия).

Разработанный экспериментальный стенд для экспозиции животных включал базовые станции систем сотовой связи стандарта GSM1800 (центральная частота 1,8 ГГц), UMTS (центральная частота 2,1 ГГц) и LTE (центральная частота 2,6 ГГц). Каждая базовая станция работала в служебном режиме, обеспечивая имитацию постоянной максимальной заданной выходной мощности излучения. Выходная мощность каждой базовой станции программировалась так, чтобы в зоне размещения животных (на расстоянии 3 метра от антенны) обеспечивался постоянный требуемый уровень экспозиции. Мониторинг и протоколирование режимов работы базовых станций в процессе эксперимента осуществлялись круглосуточно.

В ходе эксперимента животные находились в пластиковых радиопрозрачных клетках коллективного содержания и имели доступ к воде и корму *ad libitum*. Крысы всех групп содержались в условиях с поддерживаемым 12-часовым стандартным световым режимом. Группа мнимого воздействия (контроля) содержалась в аналогичных с экспериментальными животными условиях, за исключением воздействия ЭМП. Все работы с животными выполняли в соответствии с требованиями нормативно-правовых актов о порядке экспериментальной работы и гуманном отношении к животным. Морфологический состав клеток белой крови определяли путем подсчета лейкоцитов в окрашенных по Май-Грюнвальду мазках по методу Шиллинга [3]. Проверку на нормальность распределения данных проводили по критерию Шапиро – Уилка. Статистическую обработку данных проводили по непараметрическому критерию Данна.

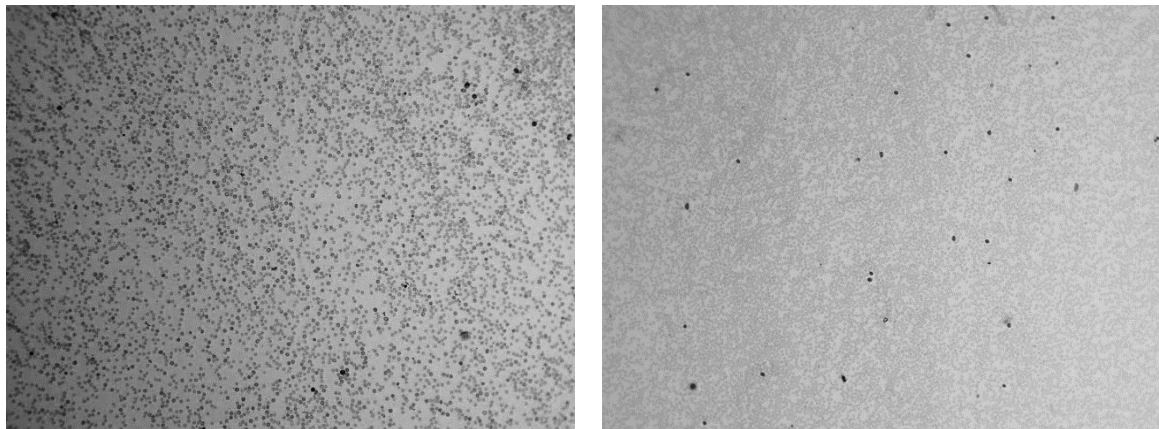
После 30-дневного круглосуточного облучения ЭМП с ППЭ 1000 мкВт/см<sup>2</sup> отмечалось статистически значимое уменьшение процентного содержания сегментоядерных нейтрофилов на фоне достоверного роста моноцитов ( $p < 0,05$  и  $p < 0,01$  соответственно) относительно фоновых значений (таблица 1). При более низких уровнях экспозиции статистически значимых изменений выявлено не было. Следует отметить, что наблюдаемые изменения оставались в пределах физиологической нормы. При подсчете лейкоцитарной формулы по остальным параметрам статистически значимых различий относительно фоновых и контрольных значений установлено не было. Однако была обнаружена тенденция к снижению процентного содержания эозинофилов в крови крыс, облученных с ППЭ 1000 мкВт/см<sup>2</sup>, по сравнению с данным показателем у животных контрольной группы.

Таблица 1 — Некоторые показатели лейкоцитарной формулы крыс в условиях эксперимента ( $M \pm m$ )

Группа	Палочкоядерные нейтрофилы, %	Сегментоядерные нейтрофилы, %	Эозинофилы, %	Лимфоциты, %	Моноциты, %
Фон	$1,80 \pm 1,42$	$13,70 \pm 4,17$	$0,67 \pm 0,90$	$81,27 \pm 4,91$	$2,33 \pm 1,11$
Мнимое облучение (группа контроля)	$0,83 \pm 1,27$	$17,00 \pm 8,93$	$1,08 \pm 1,02$	$77,83 \pm 8,39$	$3,08 \pm 1,38$
250 мкВт/см <sup>2</sup>	–	$16,83 \pm 4,65$	$0,42 \pm 0,79$	$79,50 \pm 5,16$	$3,25 \pm 2,42$
500 мкВт/см <sup>2</sup>	$2,17 \pm 1,40$	$12,83 \pm 4,37$	$0,58 \pm 0,51$	$81,00 \pm 4,24$	$3,33 \pm 1,16$
1000 мкВт/см <sup>2</sup>	$1,83 \pm 1,11$	$8,92 \pm 3,40^*$	$0,42 \pm 0,67$	$84,33 \pm 3,75$	$4,42 \pm 2,02^*$

\*  $p < 0,05$  относительно фоновых показателей.

При исследовании окрашенных образцов крови животных опытных групп в условиях экспозиции 500 и 1000 мкВт/см<sup>2</sup> были выявлены полихроматофильные эритроциты (в 25 и 33% мазков соответственно), при этом в большинстве препаратов крови крыс, облученных при максимальной ППЭ, отмечалась более выраженная полихроматофилия (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Резко выраженная полихроматофилия (слева), нормальные эритроциты (справа)**

Снижение процентного содержания нейтрофилов в крови облученных животных может свидетельствовать о наличии фактора риска развития апластической анемии, аутоиммунных заболеваний и выявлении предшественников лейкозов. Повышение количества моноцитов может указывать на возможность возникновения и развития аутоиммунных и онкологических заболеваний.

Явление полихроматофилии в исследуемых образцах свидетельствует об увеличении количества молодых эритроцитов в результате усиления эритропоэза. Развитие данного процесса характерно для различных гемолитических анемий и является показателем регенераторной способности костного мозга в отношении продукции эритроцитов. Отмеченный эффект на уровне порога вредного действия (500 и 1000 мкВт/см<sup>2</sup>) при многочастотной экспозиции, возможно, является следствием изменений клеточного состава крови, повлекших за собой необходимость выхода большего количества эритроцитов для поддержания гомеостаза.

В результате наших исследований отмечался биологический эффект ЭМП, создаваемых современными базовыми станциями сотовой связи, в виде ответной реакции кровеносной системы, причем наиболее значимые изменения наблюдались при уровне экспозиции 1000 мкВт/см<sup>2</sup>. Изменения оцениваемых параметров красной крови в эксперименте не выходили за диапазон физиологической нормы и являлись адаптационно-компенсаторными реакциями облученных животных на воздействие ЭМП.

Возможно, что при более длительной экспозиции произойдет срыв адаптационных механизмов с дальнейшим развитием ответной реакции системы крови в виде преобладания патологических процессов, которые повлекут за собой изменения в остальных системах организма, что приведет к ухудшению общего состояния организма. Таким образом, полученные результаты указывают на необходимость проведения дальнейших исследований биологических эффектов мультимодальной электромагнитной экспозиции рабочего диапазона частот сотовой связи в условиях хронического воздействия с расширением перечня исследуемых показателей.

## Литература

1. Перов, С. Ю. Актуальные проблемы электромагнитной безопасности производственной и окружающей среды при развитии систем мобильной связи / С. Ю. Перов, Н. Б. Рубцова, О. В. Белая // Развивая вековые традиции, обеспечивая «Санитарный щит» страны: сб. материалов XIII Всерос. съезда гигиенистов, токсикологов и санитарных врачей с междунар. участием, посвящ. 100-летию основания Гос. санитар.-эпидемиол. службы России: в 2 т. / под ред. А. Ю. Поповой, С. В. Кузьмина. — Мытищи, 2022. — Т. 2. — С. 154–157.
2. Electromagnetic radiation: a new charming actor in hematopoiesis? / M. Darvishi [et al.] // Expert Rev. Hematol. — 2021. — Vol. 14, № 1. — P. 47–58.
3. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник / И. П. Кондрахин [и др.]; под общ. ред. И. П. Кондрахина. — М.: КолосС, 2004. — 519 с.

Поступила 27.09.2023



# ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ, ОБУСЛОВЛЕННАЯ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЖЕЛЕЗА, ЗАГРЯЗНЯЮЩЕГО ПИТЬЕВУЮ ВОДУ РАЗВОДЯЩЕЙ СЕТИ КОММУНАЛЬНОГО ВОДОПРОВОДА

Малахова В. В., [violetta.0123@mail.ru](mailto:violetta.0123@mail.ru),  
Куцупалова О. В., [komgimcge@yandex.by](mailto:komgimcge@yandex.by)

Учреждение здравоохранения «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», г. Могилев, Республика Беларусь

Согласно последним оценкам Всемирной организации здравоохранения, питьевая вода входит в число приоритетных факторов среды обитания человека, определяющих безопасность жизнедеятельности населения [1]. Это нашло отражение в Целях в области устойчивого развития до 2030 г. (Цели 3 и 6).

В Республике Беларусь на государственном уровне придается большое значение обеспечению доступа населения к безопасной и качественной питьевой воде — с 2002 г. последовательно реализовывались Государственные программы «Чистая вода» (с 2016 г. — подпрограмма «Чистая вода» Государственной программы «Комфортное жилье»), что позволило увеличить доступ населения к централизованным системам водоснабжения и водоотведения, улучшить качество подаваемой населению воды во всех областях республики. В 2009 г. наша страна Указом Президента Республики Беларусь от 31 марта 2009 г. № 159 присоединилась к Протоколу по проблемам воды и здоровья к Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер 1992 г.

В рамках работы по Протоколу Министерством здравоохранения, Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды и Министерством жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь совместно 17–18 марта 2021 г. принят Комплекс мер по реализации обязательств, принятых Республикой Беларусь по Протоколу по проблемам воды и здоровья к Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер 1992 г., до 2030 г. (далее — Комплекс мер), который включает перечень целевых показателей в области питьевого водоснабжения, водоотведения и рационального использования водных ресурсов, а также мероприятия по их реализации и ответственных исполнителей [2].

Одной из важнейших задач Комплекса мер является повышение безопасности питьевой воды по химическим показателям (задача 1.2). Учитывая, что в республике используются подземные источники водоснабжения (за исключением частично г. Минска), особенности местных гидрогеологических горизонтов определяют особенности качественного состава питьевой воды в централизованных системах водоснабжения и перечень приоритетных загрязнителей — в основном это неорганические вещества природного происхождения. Несоответствие качества воды источников и систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения в основном связано с присутствием в эксплуатируемых подземных водоносных горизонтах в повышенных концентрациях железа, марганца, бора, бария, фтора и обусловленных ими органолептических показателей [3].

Учитывая обозначенные приоритеты, при разработке Комплекса мер был установлен целевой показатель 1.2.1. «достичь соответствия воды в коммунальных централизованных системах питьевого водоснабжения гигиеническим нормативам по содержанию железа, марганца и органолептическим показателям 100 % к 2030 году». Продвижение подходов анализа и управления рисками в системах питьевого водоснабжения, обеспечение эпидемиологического благополучия населения по инфекционным и неинфекционным заболеваниям, связанным с водным фактором, также являются задачами 2.3., 7.2. Проведение оценки рисков здоровью населения в связи с повышенным содержанием железа в питьевой воде из разводящей сети коммунального водопровода является одним из мероприятий по выполнению целевого показателя 7.1.

Цель настоящего исследования — оценка риска для здоровья населения Могилевской области Республики Беларусь, ассоциированного с воздействием железа, загрязняющего питьевую воду разводящей сети коммунального водопровода.

Полная схема оценки риска предусматривает проведение четырех этапов: идентификация опасности; оценка экспозиции; оценка зависимости «доза — ответ»; характеристика риска. Данные, используемые для оценки риска: результаты лабораторного контроля качества питьевой воды из разводящей сети коммунального водопровода; сценарий жилой зоны; частота экспозиции —

350 дней; среднесуточный объем водопотребления — 2 л/сут; продолжительность воздействия (неканцерогенного) — 30 лет; частота воздействия — 350 дней/год; масса тела человека — 70 кг; период осреднения экспозиции — 30 лет [4].

Критерии оценки зависимости «доза — ответ» определяются типом действия вредных веществ. Для химических веществ, не обладающих канцерогенным механизмом воздействия, учитывается существование пороговых уровней, ниже которых вредные эффекты не возникают. Оценка воздействия данных химических веществ может проводиться путем сопоставления анализируемого уровня воздействия на человека с величиной референтной дозы. В качестве референтных концентраций химических веществ в питьевой воде возможно применение гигиенических нормативов (показателей) безопасности питьевой воды. К ним относится предельно допустимая концентрация (далее — ПДК) железа ( $Fe^{2+}$ ) не более 0,3 мг/дм<sup>3</sup> [4, 5]. Полученное таким образом значение референтного уровня воздействия используется в дальнейшем для расчета коэффициента опасности ( $HQ = AD/RfD$ ). Для веществ, обладающих неканцерогенным механизмом воздействия, характеристика риска предполагает расчет коэффициента опасности (далее —  $HQ$ ), потенциального риска немедленного действия, потенциального риска длительного (хронического) воздействия (далее —  $Risk$ ), связанных с регулярным потреблением загрязненной питьевой воды.

Для оценки риска для здоровья населения Могилевской области Республики Беларусь, ассоциированного с воздействием железа, присутствующего в питьевой воде разводящей сети коммунальных водопроводов, использовались данные лабораторных исследований воды по содержанию железа за 2013–2022 гг., выполненных лабораториями центров гигиены и эпидемиологии и организациями водопроводно-канализационного хозяйства Могилевской области в рамках производственного лабораторного контроля. Расчеты риска проведены на основании среднесуточных значений (за 10 лет) концентраций железа в воде с помощью программы Microsoft Excel, результаты представлены в таблице 1. Оценка проводилась дифференцированно для водопроводов со станциями обезжелезивания и для водопроводов без станций обезжелезивания.

Таблица 1 — Коэффициент опасности и потенциальный риск немедленного действия для населения районов Могилевской области, ассоциированный с присутствием в питьевой воде железа

Районы	Коэффициент опасности ( $HQ$ )		Риск немедленного действия	
	для водопроводов со станциями обезжелезивания	для водопроводов без станций обезжелезивания	для водопроводов со станциями обезжелезивания	для водопроводов без станций обезжелезивания
Могилевский	0,8	5,6	0,010	0,687
Бобруйский	0,5	4,6	0,001	0,573
Белыничский	0,6	5,1	0,003	0,638
Быховский	0,6	3,0	0,004	0,345
Глусский	0,9	2,8	0,013	0,300
Горецкий	0,7	5,1	0,006	0,639
Дрибинский	1,1	4,3	0,028	0,541
Кировский	0,9	5,0	0,016	0,637
Климовичский	0,9	3,0	0,018	0,336
Костюковичский	0,9	2,3	0,016	0,216
Краснопольский	5,2	5,3	0,649	0,656
Кричевский	0,8	3,0	0,012	0,335
Мстиславский	0,7	3,9	0,005	0,479
Осиповичский	1,5	2,8	0,081	0,297
Славгородский	1,1	2,0	0,032	0,154
Хотимский	2,5	2,9	0,246	0,325
Чаусский	1,4	2,3	0,070	0,212
Чериковский	0,9	2,3	0,019	0,209
Шкловский	0,9	1,2	0,019	0,042
Кличевский	1,6	1,9	0,087	0,149
Круглянский	1,5	5,4	0,078	0,664

Результаты исследований свидетельствуют, что при наличии станций обезжелезивания риск для здоровья населения определяется как низкий в 13 районах Могилевской области (Могилевском, Бобруйском, Бельничском, Быховском, Глусском, Горецком, Кировском, Климовичском, Костюковичском, Кричевском, Мстиславском, Чериковском и Шкловском) и как средний в 6 районах (Дрибинском, Кличевском, Круглянском, Осиповичском, Хотимском, Чаусском). Следует отметить, что в Краснопольском районе коэффициент опасности (Н<sub>Q</sub>) составил 5,2, что свидетельствует о высоком риске развития вредных эффектов, таких как раздражающее действие на слизистые оболочки, изменения кожных покровов (например, хлоракне, аргирия и др.), влияние на кровяную систему и показатели периферической крови, влияние на иммунную систему, включая развитие аллергических реакций, иммунотоксическое действие, и указывает на необходимость незамедлительного принятия исчерпывающих мер по обеспечению населения района доброкачественной питьевой водой. С учетом оборудования станций обезжелезивания можно сделать вывод о неэффективной работе станций в Краснопольском районе либо о высокой изношенности разводящих сетей.

При регулярном потреблении питьевой воды, содержащей железо, подаваемой коммунальными водопроводами при отсутствии на водозаборах станций обезжелезивания, коэффициент опасности оценивается как средний для Бобруйского, Быховского, Глусского, Дрибинского, Климовичского, Кличевского, Костюковичского, Кричевского, Мстиславского, Осиповичского, Славгородского, Хотимского, Чаусского, Чериковского и Шкловского районов Могилевской области, варьируя в диапазоне от 1,2 (Шкловский район) до 4,6 (Бобруйский район). В шести районах Могилевской области (Могилевский, Бельничский, Горецкий, Кировский, Краснопольский, Круглянский) коэффициент опасности (Н<sub>Q</sub>) определяется как высокий и указывает на необходимость незамедлительного принятия мер для обеспечения населения вышеуказанных районов питьевой водой гарантированного качества, например, увеличения количества вновь построенных станций обезжелезивания [4].

В Дрибинском, Кличевском, Круглянском, Осиповичском, Славгородском, Чаусском районах Могилевской области при оборудовании на водозаборах станций обезжелезивания величина потенциального риска немедленного действия составила 2,8%, 8,7%, 7,9%, 8,1%, 3,2%, 7,0% соответственно и рассматривается как удовлетворительный риск. В Хотимском районе Могилевской области потенциальный риск немедленного действия оценивается как неудовлетворительный (24,6%), при этом для населения района могут быть характерны систематические жалобы на различные дискомфортные состояния, связанные с воздействием железа (неприятные запахи, рефлекторные реакции), при тенденции к росту общей заболеваемости, которая, как правило, носит достоверный характер. В Краснопольском районе установлен опасный риск немедленного действия концентраций железа (64,9%), нормируемый по его влиянию на органолептические свойства воды, при этом возможны массовые случаи жалоб у населения на различные дискомфортные состояния, связанные с воздействием оцениваемого фактора, при достоверной тенденции к росту общей заболеваемости, а также появление других эффектов неблагоприятного воздействия, в том числе патологии, специфически связанной с воздействием железа. В Могилевском, Бобруйском, Бельничском, Горецком, Дрибинском, Кировском, Краснопольском, Круглянском районах установлен опасный риск немедленного действия в условиях отсутствия на водозаборах станций обезжелезивания с показателями 68,7%, 57,3%, 63,8%, 63,9%, 54,1%, 63,7%, 65,6% и 66,4% соответственно, нормируемыми по его влиянию на органолептические свойства воды. При этом возможны массовые случаи жалоб у населения вышеуказанных районов на различные дискомфортные состояния, связанные с воздействием оцениваемого фактора, при достоверной тенденции к росту общей заболеваемости, а также появление других эффектов неблагоприятного воздействия, в том числе патологии, специфически связанной с воздействием железа.

При наличии в воде источников централизованного водоснабжения высоких концентраций железа необходимо определение величины потенциального риска развития неспецифических токсических эффектов, связанных с регулярным потреблением загрязненной питьевой воды (Risk). С увеличением потенциального риска развития неспецифических токсических эффектов связывают выраженность и частоту возникновения неспецифической патологии, а также отмечают появление случаев специфической патологии и возможный рост смертности у населения, которое использует на протяжении длительного времени загрязненные объекты среды обитания (таблица 2).

Таблица 2 — Потенциальный риск развития неспецифических токсических эффектов для населения районов Могилевской области, ассоциированный с присутствием в питьевой воде железа

Районы	Потенциальный риск длительного (хронического) воздействия (Risk)	
	со станциями обезжелезивания	без станций обезжелезивания
Могилевский	0,014	0,093
Бобруйский	0,009	0,076
Белыничский	0,010	0,085
Быховский	0,011	0,052
Глусский	0,015	0,047
Горецкий	0,012	0,085
Дрибинский	0,018	0,072
Кировский	0,013	0,085
Климовичский	0,016	0,051
Костюковичский	0,016	0,040
Краснопольский	0,087	0,088
Кричевский	0,015	0,051
Мстиславский	0,012	0,065
Осиповичский	0,026	0,047
Славгородский	0,019	0,034
Хотимский	0,042	0,050
Чаусский	0,025	0,039
Чериковский	0,016	0,039
Шкловский	0,016	0,021
Кличевский	0,027	0,033
Круглянский	0,026	0,089

Потенциальный риск длительного (хронического) воздействия, ассоциированный с присутствием железа в питьевой воде разводящей сети коммунальных водопроводов при оборудовании на водозаборах станций обезжелезивания, в Краснопольском районе Могилевской области составил 8,7 % — свидетельствует о риске, вызывающем опасение (может возникать тенденция к росту неспецифической патологии), для остальных районов Могилевской области соответствовал приемлемому уровню.

В Могилевском, Бобруйском, Белыничском, Быховском, Горецком, Дрибинском, Кировском, Климовичском, Краснопольском, Кричевском, Круглянском, Мстиславском районах Могилевской области при отсутствии в населенных пунктах станций обезжелезивания потенциальный риск длительного (хронического) воздействия находился в диапазоне от 5,1 до 9,3 %, что свидетельствует о риске, вызывающем опасение. При данном уровне риска может возникать тенденция к росту неспецифической патологии. При отсутствии станций обезжелезивания на водозаборах потенциальный риск длительного (хронического) развития увеличивается, большее количество населения будет иметь тенденцию к росту неспецифической патологии [4].

Проведенная оценка риска показывает, что наиболее высокие риски выявлены в питьевой воде из разводящей сети коммунального водопровода при отсутствии на водозаборах станций обезжелезивания. Наиболее неблагоприятная ситуация по потенциальному риску длительного (хронического) воздействия, вне зависимости от наличия либо отсутствия станций обезжелезивания, наблюдается в Краснопольском районе, что свидетельствует о неэффективной работе станций обезжелезивания либо о высокой изношенности разводящих сетей коммунального водопровода. При этом необходимо разработать дополнительные профилактические мероприятия, направленные на повышение безопасности централизованного водоснабжения, усилить производственный лабораторный контроль в Краснопольском районе Могилевской области с целью недопущения развития у населения заболеваний, связанных с употреблением питьевой воды с высоким содержанием железа.

## Литература

1. Дроздова, Е. В. Медико-экологические риски в контексте устойчивого развития / Е. В. Дроздова // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: С. И. Сычик (гл. ред.), Г. Е. Косяченко (зам. гл. ред.) [и др.]. — Минск: РИВШ, 2019. — Вып. 29. — С. 168–177.
2. Протокол по проблемам воды и здоровья как потенциальный инструмент достижения целей устойчивого развития в области водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов / С. И. Сычик [и др.] // Анализ риска здоровью — 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021: материалы XI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием: в 2 т. / под ред. А. Ю. Поповой, Н. В. Зайцевой. — Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. — Т. 1. — С. 44–50.
3. Дроздова, Е. В. Научное обоснование актуализации гигиенических нормативов безопасности питьевой воды / Е. В. Дроздова // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: С. И. Сычик (гл. ред.) [и др.]. — Минск: Изд. центр БГУ, 2022. — Вып. 32. — С. 219–240.
4. Метод оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических веществ, загрязняющих питьевую воду: инструкция по применению № 019–1221: утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 28.01.2022 / разработ.: С. И. Сычик [и др.]. — Минск: РУП «Научно-практический центр гигиены», 2022. — С. 6–22.
5. Показатели безопасности питьевой воды [Электронный ресурс]: гигиен. норматив: утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100037&p1=1>. — Дата доступа: 10.10.2023.

Поступила 21.09.2023

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ХИМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГИГИЕНЕ

*Мальшева А. Г., д. б. н., профессор, amalysheva@cspmz.ru,  
Стародубова Н. Ю., к. б. н., starodubova@cspmz.ru*

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, г. Москва, Россия

Для адекватной оценки качества и химической безопасности здоровью населения окружающей среды при использовании природоохранных технологий важным условием является использование физико-химических исследований, позволяющих идентифицировать и количественно определять одновременно десятки загрязняющих веществ, что дает возможность учета многокомпонентности химического состава и возможности образования негативных побочных эффектов в виде токсичных продуктов трансформации, воздействующих на человека в реальных условиях загрязнения окружающей среды. Приведены результаты физико-химических исследований при оценке химической безопасности применения природоохранных технологий различных объектов окружающей среды с учетом происходящих процессов трансформации веществ под влиянием физико-химических факторов.

Применение природоохранных технологий и других оздоровительных мероприятий, с одной стороны, направлено на решение непосредственно целевого назначения, а с другой — одновременно может сопровождаться негативным побочным эффектом. Побочное влияние может проявляться изменением в сторону ухудшения химического состава воздуха или водного объекта, подвергающегося с целью очистки физико-химическому воздействию в результате использования данной технологии, основанной на нагревании, сжигании, хлорировании, озонировании, УФ-облучении, ароматизации, ионизации, фитоионизации, биофильтрации и др.

Исследования возможного негативного влияния физико-химического воздействия новых природоохранных технологий на окружающую среду и здоровье населения сопряжены с проблемами, связанными с недоучетом многокомпонентности химического состава загрязнений и протекающих процессов трансформации.

В качестве примера недоучета многокомпонентности химического состава выбросов и протекающих процессов трансформации можно привести исследования при оценке химической без-

опасности применения технологии очистки выбросов табачной фабрики. Так, хромато-масс-спектрометрический анализ выбросов в атмосферный воздух табачной фабрики выявил присутствие около 50 органических веществ. Обнаружены в значительных концентрациях азотсодержащие вещества, в частности производные пиридина, пиррола, пиразина, никотин и фурановые соединения, в том числе сам фуран. Более 90 % идентифицированных веществ не имели гигиенических нормативов. Сравнительный анализ химического состава выбросов до и после очистного сооружения показал уменьшение уровней содержания группового состава, при этом содержание никотина снизилось почти в 70 раз, а количество веществ после очистки уменьшилось в 3 раза. Однако обнаружено появление 8 новых веществ, среди них азотсодержащие вещества, относящиеся к группе токсичных и опасных соединений. Они не контролировались, и их влияние на здоровье населения осталось неучтенным.

Полигоны и свалки твердых бытовых отходов оказывают негативное воздействие на окружающую среду и людей. Создание, эксплуатация и закрытие полигонов влекут за собой необходимость решения ряда экологических проблем. Для их решения предлагаются различные варианты защитных мероприятий на территориях размещения полигонов. На примере одного из полигонов исследована химическая безопасность применения новой технологии очистки и обезвреживания свалочного газа. В результате работы системы очистки свалочного газа установлено снижение суммарной концентрации загрязняющих соединений, содержания углеводов, в том числе предельных, ароматических, спиртов, кислород- и серосодержащих соединений от 63 до 2200 раз. Достигнута 100%-я очистка от обладающих запахом меркаптанов, сульфидов, ди- и трисульфидов, нафтеновых и терпеновых углеводов и хлорсодержащих соединений. Более чем в 2 раза уменьшилось количество загрязняющих соединений. Однако на выходе из системы очистки идентифицированы не обнаруженные на входе соединения, которые можно рассматривать как продукты трансформации при сжигании углеводов. В частности, идентифицированы серо- и хлорсодержащее соединение (метилсульфохлорид), стирол, 1-бутанол, фенол, альдегиды (гексаналь, нонаналь, безальдегид, бензацетальдегид), ацетофенон и карбоновые кислоты (уксусная, пропионовая, бутановая, гексановая, октановая, бензойная), фталевый ангидрид, диизобутилфталат, диоксан, 4-метил-2,3-дигидропиран и азотсодержащие соединения (ацетонитрил и оксим бензальдегида). Хромато-масс-спектрометрические исследования, ориентированные на идентификацию с количественной оценкой компонентов воздушных выбросов до и после системы очистки, позволили проводить мониторинг выбросов с учетом реального содержания и изменения группового и компонентного состава под влиянием химического воздействия новой технологии.

Химико-аналитический мониторинг выбросов фабрики по производству кормов для животных выявил присутствие около 50 веществ, поступивших в воздух без использования биофильтра. Для более 20 % из них отсутствовали гигиенические нормативы. Сравнительный анализ химического состава веществ, поступивших в воздух до и после очистки биофильтром, показал снижение уровней содержания группового состава. Суммарное содержание веществ уменьшилось более чем в 6 раз, при этом количество веществ, поступающих в атмосферный воздух, снизилось более чем в 3 раза. Однако выявлено образование серосодержащих соединений, являющихся продуктами жизнедеятельности микроорганизмов, которые можно рассматривать как продукты биотрансформации процесса биоочистки. Предложенную технологию по критерию изменения химического состава выбросов можно рассматривать как безопасную, так как продуктов трансформации компонентов выбросов выявлено не было, а концентрации диметилсульфида и диметилдисульфида находились ниже ПДК.

Известно, что современный человек значительную часть своего времени проводит в закрытых помещениях, поэтому качество внутренней среды во многом определяет уровень его здоровья и трудоспособности. Однако степень загрязнения воздушной среды закрытых помещений до 10 и более раз выше окружающего атмосферного воздуха за счет вклада внутренних источников загрязнения. В воздушной среде помещений с большим скоплением людей (кинозалы, театры, школы, библиотеки, залы заседаний) в значительных количествах обнаружены диметиламин, ацетон, стирол, этилбензол, метилэтилбензол, пропилбензол, концентрации которых значительно превышали их уровень в атмосферном воздухе. Кроме того, присутствовали вещества, не обнаруженные в атмосферном воздухе (этанол, циклические углеводороды, хлороформ, альдегиды, гексен, ундецен, этилацетат, бутилацетат, метилизобутилкетон, трихлорэтилен). Продукты жизнедеятельности, поступающие в воздушную среду помещений с большим скоплением людей с выдыхаемым воздухом и в процессе кожного дыхания, значительно изменяют качественно-количественный состав химического загрязнения воздуха закрытых помещений. Установлено, что в читальном зале библиотеки при максимальном количестве читателей концентрации ацетальдегида, диэтилового эфира, метилэтилкетона,

бензола, бутилового спирта, гептана, октана, толуола, ксилола, ацетона, этилбензола четыреххлористого углерода, этанола значительно превосходили фоновые концентрации. Значительно изменялся качественно-количественный состав химических веществ в зрительном зале театра после спектакля или зале совещаний. После спектакля и совещания возрастали концентрации этилацетата, метилэтилкетона, диметиламина, бутилацетата, бензальдегида, изопропанола по сравнению с фоновым содержанием.

Поэтому все более остро стоят вопросы гармонизации человека с воздушной средой помещений для снижения ее неблагоприятного воздействия на здоровье населения. В связи с этим к настоящему времени получает развитие новое направление в экологии — средоулучшающие фитотехнологии, основанные на способности растений оздоравливать окружающую среду за счет фитоорганических выделений (фитонцидов), так называемых «витаминов» воздуха. Известно, что растения чутко реагируют на изменения состояния окружающей среды и, адаптируясь к внешней среде, создают благоприятные условия существования вокруг себя. Кроме обогащения воздуха кислородом растения улучшают качество воздуха и его химический состав благодаря выделяемым органическим соединениям с дезинфицирующими, антисептическими, фитонцидными, адаптогенными, седативными, ионизирующими свойствами. Установлено положительное влияние фитокомпозиций из подобранных с учетом взаимного влияния растений, используемых в интерьере закрытых помещений (фитонцидо-, арома-, цвето- и эстетотерапия), для профилактики различных заболеваний (инфекционных, передающихся воздушно-капельным путем, сердечно-сосудистых, легочных, нейропсихических расстройств и др.). Это обусловлено тем, что выделяемые растениями пахучие летучие органические вещества обладают биологической активностью. Они повышают работоспособность, нормализуют сон, увеличивают адаптивные способности человека.

Тем не менее остается неизученным влияние конкретных видов растений на человека в закрытых помещениях при длительном постоянном контакте. Вещества, выделяемые растениями, представляют собой большую группу органических соединений разных классов, воздействие которых на человека может оказаться как благоприятным, так и, возможно, неблагоприятным с точки зрения химической безопасности. Для многих из этих веществ установлены гигиенические нормативы, которые необходимо учитывать при реализации фитотехнологий на практике, чтобы озеленение, и особенно в закрытых помещениях, не стало вредным для здоровья человека.

Исследования на примере летучих выделений роз показали, что среди них идентифицировано свыше 50 органических соединений, относящихся к ароматическим, алифатическим и терпеновым углеводородам, спиртам, эфирам, альдегидам и кетонам. Значительная часть идентифицированных веществ не имеет гигиенических нормативов, но для некоторых из них разработаны гигиенические нормативы, из чего следует, что их содержание в воздухе не должно превышать установленные безопасные уровни. Сопоставление состава смеси летучих органических выделений растений с наличием гигиенических нормативов для отдельных компонентов показало необходимость химико-аналитического контроля качественного и количественного их содержания с целью обеспечения химической безопасности использования новых средоулучшающих технологий для здоровья человека. В то же время, несмотря на то что многие из идентифицированных соединений являются веществами природного происхождения, некоторые из них, в частности терпеновые углеводороды, относятся к группам легкотрансформируемых веществ и под действием ряда физико-химических факторов (ионизация, повышенное содержание озона, температура и др.) возможна их трансформация с образованием более токсичных и опасных соединений. Этот факт обуславливает необходимость разработки критериев контроля опасности или безопасности присутствия компонентов, для которых в настоящее время отсутствуют гигиенические нормативы. Поэтому целенаправленное изменение смеси летучих органических соединений, выделяемой растениями, в сочетании с химико-аналитическим контролем содержания этих веществ методом хромато-масс-спектрометрии с точки зрения эколого-гигиенических аспектов могут быть полезными при разработке, использовании и определении оптимальных условий применения средоулучшающих фитотехнологий и оценке химической безопасности их влияния на здоровье населения.

Улучшение качества окружающей среды и создание комфортных условий жизнедеятельности человека экологически безопасными методами — одно из современных актуальных направлений в экологии окружающей среды. Улучшение качества внутренней среды помещений предусматривает использование различных современных технических систем жизнеобеспечения для регулирования параметров среды. Однако существующие методы очистки и кондиционирования воздуха общественных и производственных помещений не только не обеспечивают необходимое качество очистки, но и нередко могут приводить к возникновению токсичных веществ, способствовать деионизации воздуха и ухудшению его качества по химическим показателям.

Для очистки и оздоровления воздуха и придания ему свойств, благоприятных для жизнедеятельности человека, применяют методы фитодизайна. Хромато-масс-спектрометрические исследования состава летучих органических компонентов эфирноносных растений фитокомпозиции при использовании для дополнительного искусственного освещения фитоламп показали рост количества веществ с образованием новых соединений и увеличение суммарного содержания идентифицированных веществ. Возросло содержание токсичных фенола (в 14 раз), бензальдегида (в 10 раз) и ацетофенона (в 7 раз). Наибольшую гигиеническую значимость имела специфическая для объектов природного происхождения группа терпеновых углеводов, которая относится к группе легко трансформируемых веществ, а также группы кислородсодержащих соединений (альдегиды, кетоны, фенолы, эфиры), относящиеся к токсичным и опасным группам химических веществ. Более 50% выявленных соединений не имели гигиенических нормативов, оценить их опасность или безопасность для здоровья человека не представлялось возможным. Применение растений в закрытых помещениях требует контроля состава летучих выделений и установления оптимальных условий (насыщенность растений в помещении, объем помещения, наличие кондиционирующих или озонирующих установок, температурный режим, влажность и др.) с целью обеспечения химической безопасности для здоровья человека.

Таким образом, для адекватной оценки качества и химической безопасности для здоровья населения окружающей среды при использовании природоохранных технологий важным условием является использование физико-химических исследований, позволяющих идентифицировать и количественно определять одновременно десятки веществ, что делает реальным учет многокомпонентности химического состава и возможности образования продуктов трансформации, воздействующих на человека в реальных условиях загрязнения окружающей среды.

Поступила 06.09.2023

## **О КАЧЕСТВЕ И БЕЗОПАСНОСТИ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ БАРАНОВИЧСКОГО РАЙОНА**

*Наумович Л. А., viola@brest.by,  
Волосюк И. М., viola@brest.by,  
Александрович В. В., viola@brest.by*

Государственное учреждение «Барановичский зональный центр гигиены и эпидемиологии», г. Барановичи, Республика Беларусь

Вопросы качества и безопасности питьевой воды остаются актуальными в настоящее время, так как качество и безопасность водоснабжения определяют уровень жизни населения. Цель № 6 «Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех» занимает такую позицию среди 17 Целей устойчивого развития, потому что именно «доступ к безопасной питьевой воде имеет ключевое значение для здоровья, является одним из основных прав человека и составной частью эффективной политики в области охраны здоровья» [1].

Следует отметить, что на национальном уровне проблематика качества и безопасности питьевой воды находится на контроле органов государственного санитарного надзора постоянно, санитарно-эпидемиологические требования согласно ст. 14 Закона Республики Беларусь от 07.01.2012 № 340-З «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» предъявляются к водным объектам, питьевому водоснабжению, водопользованию для хозяйственно-бытовых и иных нужд населения, местам водопользования. В соответствии с санитарно-эпидемиологическим законодательством питьевая вода, подаваемая населению, должна быть безопасной в эпидемическом отношении, безвредной по химическому составу, благоприятной по органолептическим свойствам, соответствовать установленным нормативам радиационной безопасности.

Комплексом мер по реализации обязательств, принятых Республикой Беларусь по Протоколу по проблемам воды и здоровья к Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер 1992 г., до 2030 г. (далее — Комплекс мер), принятым совместно 17–18 марта 2021 г. Министерством здравоохранения, Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды и Министерством жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь, разработан перечень целевых показателей в области питьевого водоснабжения, водоотведения и рационального использования водных ресурсов [2]. Комплекс мер содержит задачу 1.2. «повышение безопасности



питьевой воды по химическим показателям», целевой показатель 1.2.2. «снижение удельного веса проб воды из источников нецентрализованного водоснабжения, не соответствующих гигиеническим нормативам по показателям нитратного загрязнения», а также ряд задач, направленных на продвижение подходов анализа и управления рисками в системах питьевого водоснабжения, обеспечение эпидемиологического благополучия населения по инфекционным и неинфекционным заболеваниям, связанным с водным фактором (2.3, 7.2).

Целью настоящего исследования являлись проведение анализа ситуации в области питьевого водоснабжения на территории Барановичского района, определение территорий, характеризующихся рисками для здоровья, ассоциированными с наличием нитратов в воде, и обоснование целевых профилактических мероприятий.

Основой для анализа послужили результаты государственного санитарного надзора за системами хозяйственно-питьевого водоснабжения на территории Барановичского района за период 2014–2022 гг.

В Барановичском районе централизованное хозяйственно-питьевое водоснабжение населения обеспечивают 85 сельских водопроводов, в том числе 60 — коммунальные, 25 — ведомственные. Водоснабжение Барановичского района обеспечивается только из подземных водоисточников, которые в значительно большей степени защищены от воздействия внешних факторов по сравнению с поверхностными. Качество воды таких водоисточников в целом отвечает установленным гигиеническим нормативам, исключение составляет повышенное содержание железа, в отдельных случаях — марганца и азотсодержащих соединений (нитратов, нитритов, аммиака). Высокое содержание железа и марганца — это природное свойство белорусских подземных вод.

Предпринимаемые органами госнадзора меры по обеспечению качественного водоснабжения и работа, проводимая субъектами хозяйствования по повышению уровня технического состояния водопроводных сооружений (в том числе по выполнению предписаний, рекомендаций и информационных писем Барановичского зонального ЦГиЭ), способствуют тому, что влияние микробного загрязнения питьевой воды на здоровье населения остается управляемым: с 2003 г. в регионе не регистрируются вспышки заболеваний, связанных с некачественной питьевой водой, а процент нестандартных проб из водопроводов по микробиологическим показателям на протяжении более 15 лет не превышает рекомендованную Всемирной организацией здравоохранения величину — 5,0%.

Для решения проблем, обусловленных повышенным природным содержанием железа в водоисточниках, в рамках подпрограммы «Чистая вода» Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» [4] в Барановичском регионе на коммунальных водопроводах построены и эксплуатируются 12 станций обезжелезивания за все время реализации Государственных программ «Чистая вода» с 2002 г.

Негативное влияние на здоровье человека могут оказывать техногенные химические примеси в воде — например, железо, которое попадает в питьевую воду как продукт коррозии металлических трубопроводов и приводит к ее «вторичному загрязнению». Профилактикой «вторичного загрязнения» служит санитарная обработка водопроводных сетей и сооружений, включающая гидropневматическую промывку и дезинфекцию. К сожалению, всеми субъектами хозяйствования, обеспечивающими хозяйственно-питьевое водоснабжение населения Барановичского района, данные работы проводятся с нарушением нормативной кратности. «Вторичное загрязнение» приводит к тому, что качество воды по содержанию железа и органолептическим показателям у потребителей значительно хуже, чем в источниках водоснабжения на отдельных водопроводах.

Нитратное загрязнение воды регистрируется в водоисточниках, расположенных вблизи сельскохозяйственных предприятий (птицефабрик, ферм). Качество воды скважин по содержанию нитратов на протяжении последних 10 лет имеет тенденцию к ухудшению, что свидетельствует о процессе техногенного загрязнения водоносных горизонтов. За 2022 г. не соответствовали требованиям по содержанию нитратов 3,8% проб из коммунальных водопроводов, 3,9% проб из ведомственных водопроводов, 29,5% проб из нецентрализованных источников водоснабжения. Повышенное содержание нитратов в питьевой воде оказывает неблагоприятное влияние на сердечно-сосудистую систему. Наиболее опасны нитраты в питьевой воде для здоровья новорожденных, находящихся на искусственном вскармливании, так как вызывают метгемоглобинемию, а в тяжелых случаях — летальный исход.

Барановичским зональным ЦГиЭ проведена оценка риска здоровью населения, обусловленного хроническим воздействием нитратов, загрязняющих питьевую воду, на территориях Барановичского района, закрепленных за амбулаториями врача общей практики (далее — АВОП). Расчеты выполнены в соответствии с Инструкцией по применению «Метод оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических веществ, загрязняющих питьевую воду», утвержденной за-

местителем Министра — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 28.01.2022, регистрационный № 019-1221 [3], с использованием программы Microsoft Excel. Исходными данными являлись результаты лабораторных исследований воды на содержание нитратов, полученные в рамках государственного санитарного надзора за качеством и безопасностью питьевой воды из нецентрализованных источников водоснабжения, централизованных систем водоснабжения, скважин Барановичского района за период 2014–2022 гг., сформированные базы данных по результатам проведения социально-гигиенического мониторинга. Величины потенциального риска рассчитывались на основании среднемноголетних концентраций нитратов в воде за 2014–2022 гг., учитывающих суммарно исследования воды из скважин, объектов централизованного водоснабжения, источников децентрализованного водоснабжения.

Оценка риска проводилась для следующих групп населения: дети до 6 лет, взрослые женщины, взрослые мужчины.

Условия оценки риска: частота воздействия — 350 дней/год (сценарий жилой зоны); число дней в году — 365 дней; водопотребление — 2 л/сут взрослые, 0,67 л/сут — дети до 6 лет; продолжительность воздействия — 30 лет взрослые, 6 лет дети; масса тела человека: мужчины — 70 кг, женщины — 58 кг, ребенка до 6 лет — 15 кг.

Проведенный анализ показал, что общая средняя концентрация нитратов в питьевой воде (по суммарным данным исследования воды из скважин, объектов, источников децентрализованного водоснабжения) на территориях Барановичского района, закрепленных за АВОП, за 2014–2022 гг. не превышала ПДК. Только для территорий, обслуживаемых Новомышской АВОП, характерно незначительное (1,1 раза) превышение установленной ПДК нитратов. Средний уровень нитратов во всех источниках питьевого водоснабжения Барановичского района за период с 2014 по 2022 г. составил 17,6 мг/дм<sup>3</sup> (при ПДК в 45 мг/дм<sup>3</sup>).

Вычисленные референтные дозы для мужчин и женщин составили 1,23 и 1,49 мг/кг соответственно, а для детей до 6 лет — 1,93 мг/кг.

Результаты расчета величин среднесуточных доз нитратов при поступлении их с питьевой водой, коэффициентов опасности и риска при хроническом воздействии представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Результаты расчета величин среднесуточных доз нитратов при пероральном поступлении с питьевой водой, коэффициентов опасности и потенциального риска их хронического воздействия

Территория АВОП	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	LADD (I) (мг/кг × сут)			HQ			Risk
		мужчины	женщины	дети до 6 лет	мужчины	женщины	дети до 6 лет	
Новомышская	48,6	1,3304	1,6056	2,0798	1,1	1,1	1,1	0,02
Жемчужненская	20,1	0,5506	0,6645	0,8607	0,5	0,5	0,5	0,01
Леснянская	25,8	0,7054	0,8514	1,1029	0,6	0,6	0,6	0,01
Тешевлянская	24,5	0,6709	0,8097	1,0488	0,5	0,5	0,5	0,01
Миловидская	10,1	0,2772	0,3346	0,4334	0,2	0,2	0,2	0,00
Крошинская	4,6	0,1252	0,1511	0,1957	0,1	0,1	0,1	0,00
Мирская	11,0	0,3006	0,3628	0,4700	0,2	0,2	0,2	0,00
Малаховская	10,3	0,2825	0,3409	0,4416	0,2	0,2	0,2	0,00
Столовичская	8,0	0,2187	0,2640	0,3419	0,2	0,2	0,2	0,00
Городищенская	13,7	0,3758	0,4536	0,5875	0,3	0,3	0,3	0,00
Подгорновская	7,8	0,2135	0,2577	0,3338	0,2	0,2	0,2	0,00
Молчадская	16,4	0,4485	0,5412	0,7011	0,4	0,4	0,4	0,01
Вольновская	16,9	0,4630	0,5588	0,7238	0,4	0,4	0,4	0,01
Поликлиника № 3	28,4	0,7787	0,9398	1,2174	0,6	0,6	0,6	0,01
Барановичский район	17,6	0,4815	0,5811	0,7528	0,4	0,4	0,4	0,01

При регулярном потреблении питьевой воды, содержащей нитраты, коэффициент опасности развития заболеваний критических органов/систем, поражаемых нитратами, для мужчин, женщин и детей до 6 лет составил в среднем 0,4 (от 0,1 по Крошинской АВОП до 1,1 по Новомышской АВОП), коэффициент опасности в среднем по Барановичскому району и по двенадцати АВОП выше минимального и относится к низкому диапазону опасности (равен или более 0,1, но менее 1), однако по

территории, обслуживаемой тринадцатой амбулаторией Новомышской АВОП, коэффициент опасности относится к среднему диапазону (равен или более 1, но менее 5).

При  $HQ \leq 1$  риск вредных эффектов пренебрежимо малый, однако для населения, закрепленного за Новомышской АВОП,  $HQ$  превышает безопасный уровень, что означает увеличение вероятности развития вредных эффектов в критических системах организма (кровенворная, сердечно-сосудистая, показатели периферической крови). Риск развития неспецифических токсических эффектов (Risk) при регулярном потреблении загрязненной нитратами воды для здоровья населения на территориях Барановичского района находится в пределах до 5 % (или до 0,05 в долях единицы). Таким образом, данный риск следует рассматривать как приемлемый риск: при данном уровне риска, как правило, отсутствуют неблагоприятные медико-экологические тенденции.

Для очистки воды от избытка нитратов населению можно рекомендовать использование фильтров, работающих на принципах ионного обмена, обратного осмоса, биологической денитрификации, электродиализа.

Следует отметить, что развитие систем питьевого водоснабжения Барановичского района с целью обеспечения питьевой водой нормативного качества и создания благоприятных условий проживания не прекращается. Постепенно за счет строительства новых водоисточников и распределительных сетей увеличивается процент охвата населения централизованным водоснабжением, что исключит или значительно минимизирует в отдельных населенных пунктах влияние указанного выше ксенобиотика нитратов, поступающих с водой. Так, охват централизованным водоснабжением увеличен с 68,5 % в 2003 г. до 80,5 % в 2022 г. (в том числе охват коммунальными водопроводами составляет 77,9 %). Ситуация с водоснабжением населения (19,5 %) посредством децентрализованных источников водоснабжения (шахтных колодцев) следующая. По результатам инвентаризации, проведенной Барановичским зональным ЦГиЭ в 2022 г., общее число шахтных колодцев Барановичского района — 7030, из которых 4 являются общественными. Барановичский зональный ЦГиЭ осуществляет контроль качества воды как общественных, так и индивидуальных источников нецентрализованного водоснабжения, в том числе по заявлениям граждан. При выявлении несоответствия качества воды гигиеническим нормативам владельцу колодца даются соответствующие рекомендации по устройству и эксплуатации водоисточников, а также по использованию воды для питьевых нужд (возможно/невозможно использовать воду для питья). По результатам проводимого лабораторного контроля в 2022 г. 8,7 % исследованных проб не соответствовали нормативам безопасности по микробиологическим показателям и 29,5 % — по нитратам. В целом за последние 10 лет тенденции к ухудшению качества воды источников нецентрализованного водоснабжения не прослеживаются. Основная причина превышения содержания нитратов в воде связана с нарушением санитарно-эпидемиологических требований при размещении, оборудовании и эксплуатации колодцев (отсутствие глиняного «замка» и бетонированной отмостки вокруг сруба, навеса или крышки, непроведение ежегодной очистки колодца), а также с деятельностью человека — применением удобрений на приусадебных участках.

По инициативе Барановичского зонального ЦГиЭ с 2022 г. при постановке на врачебный учет УЗ «Барановичский родильный дом» проводит опрос беременных женщин об используемых для питьевых нужд источниках водоснабжения. По информации лечебного учреждения в 2022 г. случаев постановки на учет беременных женщин Барановичского района, когда единственным источником питьевого снабжения семьи женщины является шахтный (трубчатый) колодец, не было. В связи с этим скрининговые лабораторные исследования воды источников нецентрализованного питьевого водоснабжения Барановичским зональным ЦГиЭ в 2022 г. не проводились.

Согласно проведенному анализу:

общая средняя концентрация нитратов в питьевой воде Барановичского района за 2014–2022 гг. не превышала ПДК;

средний уровень нитратов во всех источниках питьевого водоснабжения Барановичского района за период с 2014 по 2022 г. составил 17,6 мг/дм<sup>3</sup>;

при регулярном потреблении питьевой воды, содержащей нитраты, коэффициент опасности развития заболеваний критических органов/систем, поражаемых нитратами ( $HQ$ ), для мужчин, женщин и детей до 6 лет составил в среднем 0,4, коэффициент опасности в среднем по Барановичскому району и по двенадцати АВОП выше минимального и относится к низкому диапазону опасности, кроме территорий, обслуживаемых Новомышской АВОП, где коэффициент опасности относится к среднему диапазону опасности;

потенциальный риск длительного (хронического) воздействия для здоровья населения на территориях Барановичского района находится в пределах до 5 % (или до 0,05 в долях единицы), данный риск следует рассматривать как приемлемый риск;

необходимо особое внимание к населенным пунктам, обслуживаемым Новомышской АВОП, в части развития систем питьевого водоснабжения с целью обеспечения питьевой водой нормативного качества и создания благоприятных условий проживания.

## Литература

1. Guidelines for drinking-water quality = Руководство по обеспечению качества питьевой воды. — 4-е изд. — Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2017. — 564 с.
2. Протокол по проблемам воды и здоровья как потенциальный инструмент достижения целей устойчивого развития в области водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов / С. И. Сычик [и др.] // Анализ риска здоровью — 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021: материалы XI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием: в 2 т. / под ред. А. Ю. Поповой, Н. В. Зайцевой. — Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. — Т. 1. — С. 44–50.
3. Метод оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических веществ, загрязняющих питьевую воду: инструкция по применению № 019–1221: утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 28.01.2022 / разработ.: С. И. Сычик [и др.]. — Минск: РУП «Научно-практический центр гигиены», 2022. — 51 с.
4. Подпрограмма 5 «Чистая вода» Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» [Электронный ресурс]: утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28.01.2021 № 50 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2023.

Поступила 20.09.2023

## ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ПОТЕРИ СЛУХА, ВЫЗВАННОЙ ШУМОМ

*Преображенская Е. А., д. м. н., elenapreob@yandex.ru,  
Сухова А. В., д. м. н., annasukhova-erisman@yandex.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

По данным Государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году», доля рабочих мест на промышленных предприятиях, не соответствующих гигиеническим нормативам по шуму, составляет 15,48 %.

В структуре профессиональных заболеваний на первом месте находятся заболевания и их последствия, связанные с воздействием производственных физических факторов, доля которых составила 47,11 % (от всех впервые выявленных профессиональных заболеваний в РФ в 2022 г.). Наибольшая доля всех случаев профзаболеваний в данной группе приходится на потерю слуха, вызванную воздействием производственного шума, — 56,07 %.

Снижение слуха существенно влияет на безопасность труда в условиях вредных и опасных факторов производственной среды, ограничивает коммуникативные связи и профессиональную деятельность, ухудшает качество жизни, нередко приводит к стойкой утрате трудоспособности. Поэтому проблема профилактики, определения вероятности потери слуха, вызванной шумом, сохраняет свою актуальность.

Остается ряд нерешенных вопросов, касающихся поиска адекватных методов прогнозирования профессиональных потерь слуха.

В настоящее время оценка профессионального риска, обусловленного воздействием шума, проводится в соответствии с Руководством Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки». Существенным недостатком этой методологии является отсутствие возможности количественной оценки риска профессиональной потери слуха с учетом степени снижения слуха.

Для прогнозирования риска профессиональной потери слуха более перспективным представляется метод расчета вероятностных порогов слышимости в зависимости от возраста, интенсивности

и длительности воздействия шума, представленный в Национальном стандарте ГОСТ Р ИСО 1999-2017 «Акустика. Оценка потери слуха вследствие воздействия шума» (далее — ГОСТ Р ИСО 1999-2017).

ГОСТ Р ИСО 1999 содержит статистические данные для определения порогов слышимости, обусловленных возрастом и воздействием шума различного уровня.

ГОСТ Р ИСО 1999 не регламентирует частоты и комбинации частот, по которым проводится оценка снижения слуха, не устанавливает пограничный порог слышимости, превышение которого свидетельствует о наличии нарушения слуха.

Для практического применения метод оценки вероятности потери слуха от шума, изложенный в ГОСТ Р ИСО 1999, должен быть дополнен положениями, устанавливающими критерии оценки степени снижения слуха, принятыми в конкретной стране.

В Российской Федерации в 2018 г. разработаны классификация и критерии оценки степени потери слуха у работающих в шуме с учетом требований охраны труда и безопасности на рабочем месте, критериев медико-социальной экспертизы, приоритетов ранней диагностики и своевременной реализации профилактических программ [1, 2].

Цель исследования — разработать и апробировать алгоритм персонализированной оценки вероятности потери слуха, вызванной шумом, с учетом количественных критериев оценки степени снижения слуха, принятых в Российской Федерации.

Алгоритм персонализированной оценки вероятности потери слуха, вызванной шумом, включает определение следующих показателей:

– определение вероятностных порогов слышимости в зависимости от возраста, стажа работы, экспозиции шума, дБ;

– расчет вероятности потери слуха, вызванной шумом, %.

В соответствии с классификацией степени потери слуха, вызванной шумом [1, 2], вероятностные пороги слышимости определяем для частот 500, 1000, 2000 и 4000 Гц, рассчитываем вероятностный среднеарифметический порог слышимости на этих частотах. Если среднеарифметический порог слышимости находится в пределах 11–25 дБ, то у работника определяются признаки воздействия шума (далее — ПВШ) (трудоспособен в профессии), 26–40 дБ — нейросенсорная тугоухость I степени (далее — НСТ I) (трудоспособность не ограничена), 41–55 дБ — нейросенсорная тугоухость II степени (далее — НСТ II) (нетрудоспособен в своей профессии).

Определение вероятностных порогов слышимости проводится в соответствии с ГОСТ Р ИСО 1999-2017 и включает определение возрастных, шумовых и общих потерь слуха.

Расчет вероятностных порогов слышимости выполняется по формуле (1):

$$H' = H + N - H \times N / 120, \quad (1)$$

где  $H'$  — вероятностный порог слышимости, обусловленный возрастом и шумом, дБ;

$H$  — вероятностный порог слышимости, связанный с возрастом, дБ;

$N$  — вероятностный порог слышимости, вызванный шумом, дБ.

Последний член формулы  $H \times N / 120$  учитывается при значениях  $H + N > 40$  дБ.

Вероятностные пороги слышимости определяются для различных процентилей (10; 50; 90%) в зависимости от возраста, стажа работы и стажевой экспозиции шума. Перцентиль 90% отражает минимальные пороги слуха, перцентиль 50% — средние значения, перцентиль 10% — максимальные значения порогов слуха.

На первом этапе определяют вероятностный порог слышимости, связанный с возрастом ( $H$ ) для каждой аудиометрической частоты:  $H_{500}$ ,  $H_{1000}$ ,  $H_{2000}$ ,  $H_{4000}$  Гц по приложению А (ГОСТ Р ИСО 1999-2017).

На втором этапе определяют значения порогов слышимости, вызванные шумом ( $N$ ), для каждой аудиометрической частоты  $N_{500}$ ,  $N_{1000}$ ,  $N_{2000}$ ,  $N_{4000}$  Гц по приложению С (ГОСТ Р ИСО 1999-2017).

На третьем этапе определяют порог слышимости, связанный с возрастом и шумом ( $H'$ ), для аудиометрических частот  $H'_{500}$ ,  $H'_{1000}$ ,  $H'_{2000}$ ,  $H'_{4000}$  Гц по формуле.

На четвертом этапе определяется среднеарифметическое значение порога слышимости, обусловленного возрастом и шумом ( $H'_{\text{сред}}$ ), на частотах 500, 1000, 2000, 4000 Гц.

На пятом этапе полученные значения вероятностных порогов слышимости от возраста и шума ( $H'_{\text{сред}}$  на частотах 500, 1000, 2000, 4000 Гц) сопоставляют с критериями оценки степени снижения слуха у работающих в шуме и определяют степень снижения слуха (ПВШ, НСТ I, НСТ II) для каждого процентиля.

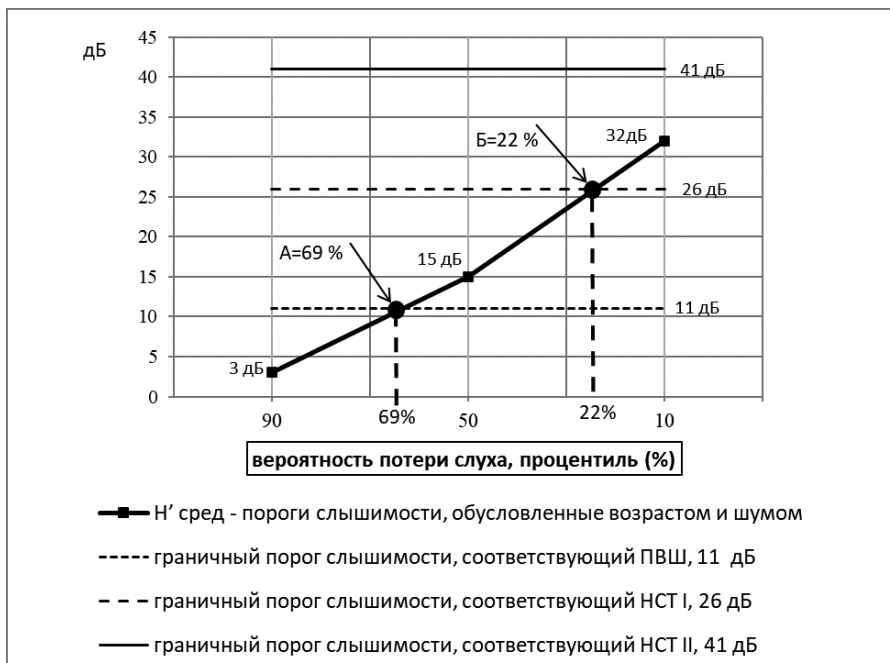
Вероятность профессиональной потери слуха, вызванной шумом (%), определяют путем построения графика распределения вероятностных порогов слышимости, обусловленных возрастом и шумом, для соответствующих процентилей.

Точка пересечения графика с граничным порогом слышимости 11 дБ соответствует вероятности развития признаков воздействия шума.

Точка пересечения графика с граничным порогом слышимости 26 дБ соответствует вероятности развития НСТ I.

Точка пересечения графика с граничным порогом слышимости 41 дБ соответствует вероятности развития НСТ II.

Определение вероятности профессиональной потери слуха от воздействия шума представлено на рисунке 1.



Примечания: 1) А — вероятность потери слуха, соответствующая ПВШ;  
2) Б — вероятность потери слуха, соответствующая НСТ I ст.

Рисунок 1 — Определение вероятности потери слуха для работника в возрасте 50 лет, подвергающегося воздействию шума 95 дБА, со стажем работы 20 лет

В таблице 1 представлены результаты расчета вероятностных порогов слышимости, обусловленных шумом и возрастом, для стажевых групп 10, 20, 30, 40 лет и экспозиции шума с эквивалентным уровнем (L экв) 95 дБА.

Таблица 1 — Вероятностные пороги слышимости (Н' сред, дБ) на частотах 500, 1000, 2000, 4000 Гц при экспозиции производственного шума 95 дБА

Возраст, лет	Вероятностные пороги слышимости (Н' сред, дБ) на частотах 500, 1000, 2000, 4000 Гц, дБ											
	Стаж работы в условиях воздействия шума, лет											
	10			20			30			40		
	Процентиль, %											
	90	50	10	90	50	10	90	50	10	90	50	10
30	-3,0	8,0	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	-1,5	10,5	25,0	0,75	12,5	27,3*	-	-	-	-	-	-
50	0,75	14,5	30,5*	3,0	16,5	32,6*	4,0	18,0	32,8*	-	-	-
60	3,75	18,9	37,7*	6,0	20,7	39,3*	7,0	22,0	40,2*	7,8	22,8	41,1**

\* вероятность потери слуха, вызванной шумом, соответствующей НСТ I (26–40 дБ);  
\*\* вероятность потери слуха, вызванной шумом, соответствующей НСТ II (41–55 дБ).

Например, для работника в возрасте 50 лет со стажем работы 20 лет в условиях воздействия шума интенсивностью 95 дБА максимальное повышение порогов слышимости составляет 32,6 дБ, что соответствует НСТ I. Среднее повышение порогов слышимости для процентиля 50% составляет

16,5 дБ, что соответствует ПВШ. Минимальное повышение порогов слышимости для процентиля 90% составляет 3 дБ, что соответствует норме.

В таблице 2 приведены результаты расчета вероятности потери слуха в зависимости от трех основных этиологических факторов, влияющих на снижение слуха: возраста, стажа работы и экспозиции шума ( $L_{экв} = 95$  дБА).

Таблица 2 – Вероятность профессиональной потери слуха, вызванной шумом (%), при экспозиции шума  $L_{экв} = 95$  дБА

Возраст, лет	Вероятность потери слуха, %								
	стаж работы 10 лет			стаж работы 20 лет			стаж работы 30 лет		
	Степень снижения слуха								
	ПВШ	НСТ I	НСТ II	ПВШ	НСТ I	НСТ II	ПВШ	НСТ I	НСТ II
30	39	5	0	-	-	-	-	-	-
40	48	8	0	55	12	0	-	-	-
50	62	17	0	69	22	3	75	25	3
60	77	33	7	81	38	9	83	40	9

Как показано в таблице 2, для работника в возрасте 50 лет со стажем работы 20 лет в условиях воздействия шума интенсивностью  $L_{экв} = 95$  дБА вероятность развития признаков воздействия шума составляет 69%, НСТ I от воздействия шума – 22%. Вероятность потери трудоспособности, обусловленной формированием НСТ II, составит 3%.

Разработанный алгоритм позволит определить вероятность потери слуха, вызванной шумом, прогнозировать сроки развития профессиональной потери слуха в зависимости от интенсивности и длительности воздействия шума, возраста работника, формировать стажевые группы риска, разрабатывать риск-ориентированные профилактические программы по минимизации профессионального риска для здоровья промышленных рабочих.

## Литература

- 1 Основные положения клинических рекомендаций «Потеря слуха, вызванная шумом» / Н. А. Дайхес [и др.] // Вестн. оториноларингологии. — 2019. — Т. 84, № 5. — С. 15–19.
- 2 Панкова, В. Б. Значение количественной оценки потери слуха у лиц, работающих в условиях воздействия повышенной шумовой нагрузки / В. Б. Панкова // Вестн. оториноларингологии. — 2018. — Т. 83, № 3. — С. 33–36.
- 3 Профессиональные заболевания ЛОР-органов: рук. для врачей / В. Б. Панкова [и др.]. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. — 552 с.

Поступила 25.09.2023

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ АЭРОИОНОВ НА СТАФИЛОКОККИ РОТОГЛОТКИ

Примак Т. Д., д. м. н., профессор, [mbiology@mail.ru](mailto:mbiology@mail.ru),  
Колобов Д. В., [ecology-cn@mail.ru](mailto:ecology-cn@mail.ru)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Чита, Россия

Инфекции верхних дыхательных путей (далее — ВДП), особенно среди детей, составляют одну из важных проблем медицины в связи с распространением антимикробной резистентности среди основных возбудителей инфекций, связанной с оказанием медицинской помощи, в частности, стафилококков. В большинстве лечебных учреждений общее количество микроорганизмов в одном кубометре воздуха превышает существующие нормы. Оздоровительный эффект чистого природного воздуха состоит не только в отсутствии пыли как главного источника микробов и бактерий. Воздух

оздоравливается атмосферным электричеством, точнее, его носителями — отрицательно заряженными аэроионами (далее — ОАИ) [3, 4]. Метод аэроионификации может быть применен как возможный фактор, влияющий на биологические свойства микроорганизмов.

Целью исследования явилось изучение антибиотикорезистентных свойств микроорганизмов, выделенных в ротоглоточном биотопе детей, и определение влияния на выделенную микрофлору отрицательных аэроионов, в том числе в присутствии лактобактерий. Выделенные штаммы бактерий из ротоглотки детей оценены в количестве 3764 протоколов бактериологического исследования с оценкой антибиотикочувствительности в одном из стационаров г. Читы за 2022 г., принадлежащих к семейству *Enterobacteriaceae*, родам *Enterococcus* и *Staphylococcus*, при этом у стафилококков выявляли резистентность к пенициллинам, цефалоспорином, фторхинолонам, макролидам, ванкомицину. Посев биологического материала от пациентов проводили на готовые коммерческие питательные среды и среды, приготовленные в условиях лаборатории клинической микробиологии. Для выделения анаэробных микроорганизмов использовали анаэрогат (bioMérieux, Франция), эксикатор со свечой и питательные среды — Блаурокко, лактоагар, кровяно-анаэробный бактериологический агар. Выделение и идентификацию чистых культур микроорганизмов проводили на основании общепринятых методов по морфологическим, тинкториальным, культуральным и биохимическим свойствам. Для идентификации штаммов использовали стандартные тест-системы StaphyTest, StreptoTest, EnteroTest и AnaeroTest (LaChema, Чехия).

Определяли чувствительность всех выделенных бактерий к антибиотикам на основании МУ 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам диско-диффузионным методом» (далее — ДДМ) в соответствии со стандартами Национального комитета по клиническим лабораторным стандартам (NCCLS, США). 20 штаммов *S. warneri*, выделенных из ротоглотки детей и обладающих антибиотикорезистентными свойствами, выращивали на питательной среде, приготовленной с добавлением бактерий рода *Lactobacillus* — *Lactobacillus acidophilum* штамм 317/402 (производство ООО «Ацинар АП», г. Новосибирск, ТУ 9229-002-23571633-07), а также эти культуры подвергали воздействию аэроионов. В качестве источника отрицательных аэроионов и озона использовался бытовой аэроионификатор «Сферион» (производство ООО «Сьютиби», г. Новосибирск, ТУ 3468-001-16921707-2009, сертификат соответствия РОСС RU.АЕ 88.В00041). Данный прибор обеспечивает количество аэроионов отрицательной полярности до 5000 ионов/м<sup>3</sup> окружающего воздуха с концентрацией озона менее 0,004 мг/м<sup>3</sup>.

В условиях стационара в составе микробиоты ВДП у детей представители нормофлоры составили 37,47 %, преобладала микрофлора ЖКТ (энтерококки и кишечная палочка) — 62,53 %, представители УПМ внешней среды встречались в 2,47 %, грибы обнаружены у 4,56 % обследованных лиц. Среди выделенных микроорганизмов наиболее часто встречались представители семейств стафилококков (47,2 %), энтеробактерий (50,6 %) и стрептококков (23,9 %). Стафилококки обнаруживали резистентность к пенициллинам в 70 %, устойчивость к цефалоспорином отмечена у 33 %, к фторхинолонам — у 22 % культур. Ванкомицинрезистентные свойства обнаружены у 8 % культур стафилококка. Среди стафилококков преобладали *Staphylococcus haemolyticus* (32,94 %) и *Staphylococcus warneri* (22,58 %), последний преобладал у детей раннего возраста. 20 штаммов *S. warneri* подвергали воздействию потока отрицательно заряженных аэроионов изолированно и в присутствии лактобактерий.

#### Опыт 1. *Staphylococcus warneri* + *Lactobacillus acidophilum*

В 100 мл свежеприготовленной среды Мюллера — Хинтона для определения антибиотикорезистентности добавляли 12 мл биологически активной добавки, содержащей живые биологически активные ацидофильные бактерии *Lactobacillus acidophilus*, и разливали в чашки Петри. Готовили взвеси суточных культур *S. warneri* в физиологическом растворе хлорида натрия по стандарту мутности  $5 \times 10^8$ . На питательную среду засеивали взвесь, затем на одну партию чашек накладывали диски с антибиотиками, а в другую партию диски не добавляли. Инкубировали при 37 °С 24 часа. Контролем служили две партии чашек: первая со средой Мюллера — Хинтона без добавок с нанесенной взвесью культуры *S. warneri* и дисками с антибиотиками, вторая со средой Мюллера — Хинтона без добавок с нанесенной взвесью культуры *S. warneri*. Использовали следующий набор антибиотиков: амикацин, ванкомицин, цефтазидим и меропенем, как наиболее часто применяемые в условиях стационара и актуальные по снижению чувствительности. Через сутки инкубации оценивали антибиотикорезистентность диско-диффузионным методом.

#### Опыт 2. *Staphylococcus warneri* + аэроионы

Готовили взвеси культур аналогично опыту 1. Взвеси в количестве 1 мл засеивали на питательный агар. Одну часть взвеси засеивали по методу Голда (микробиологической петлей диаметром 2 мм на четыре сектора, после каждого сектора петлю прожигали) и помещали под чистый поток отрицательно заряженных аэроионов при использовании прибора «Сферион». Время воздействия составило



60, 90 и 120 минут. Затем чашки инкубировали при 37 °С 24 часа, после чего определяли антибиотикорезистентность выросших культур диско-диффузионным методом. Контролем служили чашки с посевом штаммов *S. warneri* без воздействия аэроионов. Другую часть взвеси разливали в стерильные чашки Петри по 1,0 мл и растирали шпателем, затем также помещали под поток отрицательно заряженных аэроионов на то же время. Условия опытов оставались неизменными. Контрольная чашка со взвесью воздействию аэроионов не подвергалась и выдерживалась с такой же экспозицией и температурой.

Опыт 3. *Staphylococcus warneri* + *Lactobacillus acidophilum* + аэроионы

Готовили питательную среду и взвеси как в опыте № 1. Одну партию чашек с культурой и дисками и вторую партию с культурой без дисков помещали под чистый поток отрицательно заряженных аэроионов при использовании прибора «Сферийон» 90, 120 и 180 минут. Контролем служили чашки со средой Мюллера — Хинтона без добавок с нанесенной взвесью культур *S. warneri* и дисками с антибиотиками, вторая со средой Мюллера — Хинтона без добавок с нанесенной взвесью культуры *S. warneri*, не подвергавшиеся воздействию аэроионов. Через сутки инкубации оценивали антибиотикорезистентность с помощью ДДМ.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью пакета программы Statistica. Проводилась проверка нормальности распределения количественных признаков при малом числе наблюдений с использованием W-критерия Шапиро — Уилка, основанная на регрессии порядковых статистик. Для оценки значимости различий при нормальном распределении количественных признаков использовали t-критерий Стьюдента для независимых выборок и для двух связанных между собой вариационных рядов, двусторонние доверительные интервалы; при ненормальном распределении количественных признаков использовали непараметрический критерий W, применяемый для сравнения выборок с попарно связанными вариантами. Наличие связей между показателями определяли, используя коэффициент корреляции Пирсона (r).

При изучении влияния лактобактерий на антибиотикорезистентные свойства штаммов *S. warneri in vitro* (опыт 1) использовалась среда Мюллера — Хинтона с биологически активной добавкой, контролем служила среда Мюллера — Хинтона без добавки. Зоны подавления роста с использованием ДДМ к ванкомицину увеличились с  $18,3 \pm 2,6$  мм на контрольных чашках до  $19,0 \pm 1,6$  мм на чашках с добавкой. Однако на двух посевах стафилококк был полностью ингибирован лактобактериями. К меропенему чувствительность выросла с  $14,5 \pm 7,5$  мм до  $20,8 \pm 3,6$  мм ( $p < 0,05$ ), к амикацину — с  $21,9 \pm 8,7$  мм до  $28,6 \pm 4,4$  мм ( $p < 0,01$ ). Зоны подавления роста для цефтазидима остались без изменений.

В результате опыта 2 через 60 и 90 минут воздействия аэроионами на засеянные культуры *S. warneri* изменений антибиотикорезистентности не выявлено. Микробное число на экспериментальных и на контрольных чашках при этих экспозициях было одинаково и составляло  $9 \lg (10^9)$  КОЕ. Через 120 минут воздействия аэроионами микробное число снизилось до  $6 \lg (10^6)$  КОЕ в 89% случаев. В течение эксперимента определяли антибиотикорезистентность анализируемых штаммов. Чувствительность к одним и тем же препаратам не отличалась в контроле и в результате воздействия потоком аэроионов.

Добавление в среду Мюллера — Хинтона взвеси лактобактерий с воздействием потока ОАИ (опыт 3) в течение 90 и 120 минут вызывало незначительное снижение антибиотикорезистентности *S. warneri*. Однако наиболее существенные изменения антибиотикочувствительности штаммов *S. warneri* наблюдались при времени обработки потоком аэроионов, равном 3 часам (180 мин). При данных условиях штаммы изменяли свою чувствительность к ряду антибиотиков. Зона подавления роста вокруг диска с ванкомицином увеличилась с  $18,3 \pm 2,6$  мм до  $22,7 \pm 3,0$  мм ( $p < 0,01$ ), к меропенему — с  $14,5 \pm 7,5$  мм до  $29,0 \pm 3,2$  мм ( $p < 0,01$ ), к амикацину — с  $21,9 \pm 8,7$  до  $29,1 \pm 4,4$  мм ( $p < 0,01$ ). В единичной пробе под влиянием ОАИ и лактобактерий колония стафилококка была полностью ингибирована.

Таким образом, воздействие потока отрицательных аэроионов при экспозиции 120 минут приводило к снижению плотности популяции *S. warneri* с  $8 \lg (5 \times 10^8)$  КОЕ до  $6 \lg (5 \times 10^6)$  в 89% проб. Антибиотикорезистентность штаммов *S. warneri* при обработке потоком аэроионов в течение 180 минут в смеси с лактобактериями *Lactobacillus acidophilus* 317/402 давала повышение чувствительности к антибиотикам в 92,2% проб.

Согласно современным научным данным чистый поток отрицательно заряженных аэроионов представляет собой молекулы кислорода с осевшим на них электроном. Такая форма молекулы не вызывает в клетках активации биохимических реакций радикального типа, а действует, испуская свободные электроны [1]. Следовательно, в микробной клетке происходят квантовые реакции, поток энергии перераспределяется по принципу когерентности (согласованности волновых процессов во

времени), возбуждение идет в виде волны, которая одновременно проходит по различным молекулам, автоматически останавливаясь на самом эффективном месте — реактивном центре. Известно, что метаболиты резидентной микробиоты всегда отличаются выраженным антагонистическим действием в отношении условно-патогенных представителей микрофлоры тела человека. Несомненно, присутствие лактобактерий имеет решающее значение в проведенном эксперименте, однако и воздействие аэроионов сказывается на структурах микробной клетки, имеющих высокую мутационную активность молекул бактериальных ферментов. В данном исследовании использовались безплазмидные штаммы лактобактерий *Lactobacillus acidophilus 317/402*. Возможно, поток ОАИ воздействует преимущественно на плазмиды стафилококков и/или активизирует ферментные системы лактобактерий, что в итоге приводит к снижению роста и размножения стафилококков и повышает их чувствительность к антибактериальным средствам [2, 5]. Безопасность и эффективность отрицательно заряженных аэроионов, их физиологичность и безусловное значение в деятельности живых организмов в соединении с облигатными симбионтами создают широкое поле возможностей их использования в профилактике внутрибольничного инфицирования.

## Литература

1. *Норманн, Г. Э.* Активные формы кислорода и люстра Чижевского / Г. Э. Норманн // Биохимия. — 2001. — Т. 66, № 1. — С. 123–126.
2. *Примак, Т. Д.* Ассоциации бактериальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта и циркулирующих герпетических вирусов у взрослых / Т. Д. Примак, Б. С. Эрдынеева, Е. А. Днепровская // Забайкал. мед. вестн. — 2008. — № 1. — С. 72–79.
3. *Скипетров, В. П.* Аэроионы и жизнь / В. П. Скипетров. — Саранск: Красный Октябрь, 2005. — 136 с.
4. Air ions: physiological aspects / H. Nakane [et al.] // Int. J. Psychophysiol. — 2002. — Vol. 46. — P. 85.
5. *Primak, T. D.* Total microbial counts of Enterococcus change under the influence of negative air ions in present of Lactobacillus / T. D. Primak, B. S. Erdynееva, I. R. Galak // German International Journal of Modern Science. — 2022. — Vol. 36. — P. 10–12.

Поступила 13.09.2023

## ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ И СМЕРТНОСТИ, СВЯЗАННЫХ С ПОТРЕБЛЕНИЕМ АЛКОГОЛЯ, В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Рузанов Д. Ю., к. м. н., доцент, ruzanov@rnpсmt.by,  
Писарик В. М., к. б. н., pisarik@rnpсmt.by,  
Малахова И. В., к. м. н., доцент, malahova@rnpсmt.by,  
Семенов А. В., к. м. н., semenov@rnpсmt.by*

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр медицинских технологий, информатизации, управления и экономики здравоохранения», г. Минск, Республика Беларусь

Злоупотребление алкоголем — важнейшая проблема общественного здоровья в Республике Беларусь. Основные последствия злоупотребления алкоголем включают сверхсмертность мужчин, снижение продолжительности жизни, потери здоровья, снижение рождаемости, ухудшение наследственности и здоровья детей.

Потребление алкоголя является одной из причин многих заболеваний (так называемых метаалкогольных), в том числе злокачественных (рака полости рта, ротоглотки, пищевода, печени, гортани, ободочной и прямой кишки (толстого кишечника) и женской молочной железы) [1]. Этанол вызывает необратимые повреждения ДНК, что может послужить толчком к развитию онкологических заболеваний. С учетом наличия таких причинно-следственных связей в Европейском регионе ВОЗ — регионе с наиболее высоким уровнем потребления алкоголя в мире — онкологические заболевания, обусловленные употреблением алкоголя, являются одной из основных проблем здравоохранения. Так, например, исследования, проведенные Международным агентством по изучению рака, показали, что употребление алкоголя является вторым по значимости фактором риска развития онкологических заболеваний (после табакокурения) [1].

Здоровье человека не имеет рыночной цены, но обладает высшей ценностью для общества, является стратегическим ресурсом государства, условием национальной безопасности. При этом существует несколько способов оценки экономических потерь для государства, связанных с утратой здоровья и смертностью населения.

В настоящей работе представлены оценки ущерба от заболеваемости злокачественными новообразованиями, связанной с употреблением алкоголя; расчет ущерба от смертности, связанной с метаалкогольными заболеваниями; а также расчет недопроизведенного ВВП из-за потребления алкоголя на основе DALY-анализа.

Цель нашего исследования — оценить ущерб от заболеваемости и смертности, связанных с алкоголем, в Республике Беларусь.

Данные о случаях рака, применительно к которым имеется достаточно фактов, свидетельствующих о его связи с потреблением алкоголя, были извлечены из базы данных Белорусского канцер-регистра: злокачественные новообразования полости рта (код МКБ-10 — C00–06); злокачественные новообразования ротоглотки (C09–10); злокачественные новообразования пищевода (C15); злокачественные новообразования толстой кишки (C18); злокачественные новообразования ректосигмоидного соединения и прямой кишки (C19–20); злокачественные новообразования печени (C22); злокачественные новообразования женской молочной железы (C50); злокачественные новообразования гортани (C32).

Для расчета ущерба от смертности, обусловленной метаалкогольными заболеваниями (ассоциированными с алкоголем), принято, что ее доля в структуре общей смертности составляет 10% [2]. Показатели общей смертности выбраны за 2016–2019 гг. (до ситуации, связанной с эпидемией коронавирусной инфекции COVID-19).

Для расчета недопроизведенного ВВП из-за потребления алкоголя на основе DALY-анализа (disability adjusted life years — годы жизни с поправкой на инвалидность — сумма лет, потерянных из-за преждевременной смерти, и лет, прожитых с инвалидностью) были использованы результаты международного исследования «Глобальное бремя болезней» [3].

Наиболее полная оценка экономического ущерба от последствий пьянства и алкоголизма в Республике Беларусь была проведена в 2013 г. межведомственной рабочей группой, имеющей доступ к большому числу требуемых фактических данных. Общегосударственные затраты в Республике Беларусь, связанные с пьянством и алкоголизмом, в 2012 г. составили 29 267,5 млрд руб., или 5,6% ВВП (ВВП в 2012 г. составил 527 трлн руб.) [4].

В нашем исследовании ущерб от злокачественных новообразований, связанных с алкоголем, представлен как сумма прямых (расходы на профилактику, диагностику, лечение, включая лекарственные средства) и частично косвенных (временная утрата трудоспособности) расходов в связи с недоступностью некоторых данных (сумма социальных выплат неблагополучным семьям, расходы на содержание лечебно-трудовых профилакториев и т. п.). Исходные данные для расчетов и их результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Ущерб от заболеваемости злокачественными новообразованиями, связанной с употреблением алкоголя

Показатели	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Общая заболеваемость новообразованиями, число случаев	635 163	616 715	637 168
Расходы на медицинские услуги в онкологии, млн руб./год	485,0	503,5	645,6
Расходы на лечение одного случая онкозаболевания, руб./год	763,6	816,4	1013,2
Общая заболеваемость злокачественными новообразованиями, в возрасте 15+, число случаев	315 794	319 297	322 052
Из них: злокачественные новообразования, связанные с алкоголем, всего случаев	86 762	88 264	90 371
Доля злокачественных новообразований, связанных с алкоголем, в общей заболеваемости новообразованиями, %	27,5	27,6	28,1
Расходы на лечение онкозаболеваний, связанных с алкоголем, млн руб.	66,3	72,1	91,6
Временная нетрудоспособность при онкологических заболеваниях, среднее число дней	42,67	46,63	44,10
Среднедневной размер пособия по временной нетрудоспособности, руб.	21,42	25,38	27,62

Показатели	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Средние затраты на пособие по временной нетрудоспособности, руб.	913,991	1158,09	1218,04
Консолидированный бюджет здравоохранения, млн руб.	5 214,9	6 624,7	8 384,0
Ущерб от онкозаболеваний, связанных с алкоголем, млн руб.	66,3	72,1	91,6
Ущерб от онкозаболеваний, связанных с алкоголем, в общих расходах на здравоохранение, %	1,3	1,1	1,1
ВВП, млн руб.	134 832,1	149 720,8	173 153,3
Ущерб от онкозаболеваний, связанных с алкоголем, % от ВВП	0,049	0,048	0,053

Ущерб от заболеваемости злокачественными новообразованиями, связанной с алкоголем, в Республике Беларусь составил от 66,3 млн руб. в 2019 г. до 91,6 млн руб. в 2021 г., или 1,3 % и 1,1 % соответственно от бюджета здравоохранения. Снижение данной доли в бюджете 2020 и 2021 гг., возможно, обусловлено увеличением общих расходов на здравоохранение в связи с пандемией COVID-19.

Уровень потребления алкоголя населением Республики Беларусь в 2010, 2011 и 2012 гг. был достаточно высоким: 14,4 л, 14,4 л и 13,5 л на душу населения в возрасте 15 лет и старше соответственно, причем с преобладанием пива и крепких алкогольных напитков в структуре потребления. Поэтому уровень метаалкогольных заболеваний имеет тенденцию к росту.

Ущерб от смертности, связанной с метаалкогольными заболеваниями, рассчитывали как недопроизведенный ВВП в связи со смертью. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Ущерб от смертности, связанной с метаалкогольными заболеваниями, 2016–2019 гг.

Показатели	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Среднегодовое население РБ, человек	9 501 534	9 498 264	9 483 499	9 419 758
Число умерших в РБ, человек	119 379	119 311	120 053	120 470
Число умерших от метаалкогольных заболеваний (доля 10%), человек	11 938	11 931	12 005	12 047
ВВП всего, млн руб.	94 949,0	105 748,2	122 319,7	134 732,1
ВВП на душу населения, руб.	10 027	11 180	12 959	14 303
Экономический ущерб, млн руб.	119,7	133,4	155,6	172,3
Экономический ущерб, % ВВП	0,126	0,126	0,127	0,128

Экономический ущерб составил от 119,7 млн руб. в 2016 г. до 172,3 млн руб. в 2019 г. или 0,126 % и 0,128 % ВВП соответственно (таблица 2).

Таким образом, величина ущерба от заболеваемости, связанной с алкоголем, является приблизительной в связи с недоступностью некоторых данных. Экономический ущерб от заболеваемости злокачественными новообразованиями, связанной с употреблением алкоголя, достаточно высокий (0,05 % ВВП). Еще выше экономический ущерб от смертности, связанной с метаалкогольными заболеваниями (в 2016 г. — 0,126 % ВВП; в 2019 г. — 0,128 % ВВП).

Кроме представленных выше способов оценку экономического ущерба можно произвести на основе DALY-анализа, то есть на основе данных, полученных с помощью показателей потерянных лет здоровой жизни от соответствующих причин. Метод DALY-анализа является аналитической основой для комплексной оценки потерь здоровья, в соответствии с которой потери здоровья, связанные с различными причинами, измеряются на единой основе и представляются в одних и тех же единицах — годах утраченной здоровой жизни [5]. Соизмеримость получаемых на базе индекса DALY оценок потерь здоровья позволяет выполнять комплексные оценки и формировать на их основе представление об уровне потерь здоровья, связанном с различными причинами, а также о возможных положительных прогнозных последствиях при условии снижения заболеваемости, инвалидизации и смертности от этих причин.

Показатели ВВП и численность населения трудоспособного возраста являются официальными данными Национального статистического комитета Республики Беларусь. Курс доллара США к белорусскому рублю в соответствующую временную точку был взят с официального сайта Национального банка Республики Беларусь (НБРБ). Ежегодные потери лет DALY от всех причин, ассоциированных с алкоголем, в Республике Беларусь взяты в расчет по данным международного исследования «Глобальное бремя болезней».

Ежегодные потери от причин, связанных с потреблением алкоголя, в Республике Беларусь — среднее за 10 лет (2010–2019 гг.) — составили 418 295 лет DALY [3].

Расчеты недопроизведенного ВВП из-за потребления алкоголя в Республике Беларусь представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Расчет недопроизведенного ВВП из-за потребления алкоголя в Республике Беларусь

Год	ВВП в текущих ценах, млн руб.	Численность населения трудоспособного возраста на 1 января соответствующего года	Средний ежегодный вклад одного трудоспособного человека в ВВП, руб.	Ежегодные потери лет DALY от причин, связанных с алкоголем	Ежегодный недопроизведенный ВВП по причинам, связанным с потреблением алкоголя, млн руб.	Ущерб, % ВВП
			= 2 / 3		= 4 × 5	
2016	94 949,0	5 475 798	17 340	381 471,27	6 614,62	6,97
2017	105 748,2	5 403 191	19 571	379 085,28	7 419,24	7,02
2018	122 319,7	5 398 643	22 657	379 482,49	8 598,12	7,03
2019	134 832,1	5 401 109	24 964	380 193,68	9 491,07	7,04

Расчеты показывают, что, например, в 2019 г. прямой ущерб (без учета расходов на лечение, уход и прочих косвенных расходов) для экономики Республики Беларусь от алкоголя составил 9 491 071 676 руб., или 4 511 823 386 долларов США, или 7,04 % ВВП (курс НБРБ на 31.12.2019 — 2,1036 руб.) (таблица 3).

Таким образом, результаты проведенного исследования показывают, что ежегодные фактические экономические потери, связанные с потреблением алкоголя, в Республике Беларусь составляют более 7 % ВВП (9 491,07 млн руб. в 2019 г.), что многократно превышает годовой бюджет всей системы здравоохранения страны (1 019,89 млн руб. [Закон Республики Беларусь от 30 декабря 2018 г. № 160-З «О республиканском бюджете на 2019 год»]).

И это при том, что неблагоприятные эффекты потребления алкоголя не ограничиваются прямым ущербом здоровью лиц, злоупотребляющих им, поскольку включают широкий спектр социальных проблем в виде преступности, бытового насилия, семейной нестабильности, снижения трудоспособности, дорожно-транспортных происшествий, пожаров и, соответственно, отвлечения государственных ресурсов на устранение их последствий.

Важно подчеркнуть масштабность и значение негативных последствий, вызванных злоупотреблением алкогольной продукции, с точки зрения демографии, здравоохранения, экономики и национальной безопасности.

В целом проблема борьбы с потреблением алкоголя упирается в сложившуюся в стране ситуацию, когда происходит монополизация прибыли от реализации вредных для здоровья продуктов при национализации убытков от их потребления.

## Литература

1. Алкоголь и онкологические заболевания в Европейском регионе ВОЗ. Призыв к более активной профилактике [Электронный ресурс]. — Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ, 2020. — Режим доступа: <https://iris.who.int/handle/10665/336625>. — Дата доступа: 17.08.2023.
2. Потребление алкоголя и устойчивое развитие: информационный бюллетень ВОЗ, 2020 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://who-sandbox.squiz.cloud/ru/media-centre/sections/factsheets/2020/fact-sheet-on-the-sdgs-alcohol-consumption-and-sustainable-development-2020>. — Дата доступа: 17.08.2023.
3. Institute for Health Metrics and Evaluation. Findings from the global burden of disease study 2019 [Electronic resource]. — Seattle: IHME, 2019. — Mode of access: <http://www.healthdata.org/policy-report/findings-global-burden-disease-study-2017>. — Date of access: 17.08.2023.
4. Экономические последствия пьянства и алкоголизма в Республике Беларусь (Экономический анализ аналитического доклада РЦНМИП «Медико-социальные и социально-экономические последствия употребления алкоголя в Республике Беларусь за 2012 год»). — Минск, 2012. — 15 с.
5. Murray, C. J. L. Quantifying the burden of disease: the technical basis for disability-adjusted life years / C. J. L. Murray // Bull World Health Organ. — 1994. — Vol. 72, № 3. — P. 429–445.

Поступила 15.09.2023

## ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННОГО НЕСООТВЕТСТВИЕМ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ПЕРИОД ДЕЙСТВИЯ ВРЕМЕННЫХ ОТСТУПЛЕНИЙ

Ряшенцева Т. М., *ryashenceva.tm@fnscg.ru*,  
Гильденскиольд О. А., *gildenskiold.aa@fnscg.ru*,  
Амплеева Г. П., к. м. н., *ampleeva.gp@fnscg.ru*,  
Пивнева О. С., *pivneva.os@fnscg.ru*,  
Ширяева М. А., *shiryayeva.ma@fnscg.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Одной из приоритетных задач в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации является снабжение питьевой водой надлежащего качества. Требования к качеству воды определяются в зависимости от ее назначения. Питьевая вода должна отвечать требованиям по органолептическим показателям, быть безопасной в эпидемиологическом отношении и безвредной по химическому составу [1]. Использование питьевой воды ненадлежащего качества может привести к нарушению здоровья населения. В связи с этим водно-санитарное законодательство предусматривает необходимость в случаях несоответствия качества подаваемой питьевой и горячей воды, за исключением показателей качества, характеризующих ее безопасность, проводить санитарно-противоэпидемические (профилактические) мероприятия. В связи с вышеизложенным отсутствие угрозы здоровью населения в период действия временных отступлений подтверждается результатами санитарно-эпидемиологической оценки риска.

В г. о. Пушкино Московской области качество питьевой воды системы централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения характеризуется несоответствием санитарным правилам по показателям мутности, железа суммарно и хрома суммарно по данным за период с 2016 по 2020 г.

Цель исследования состояла в оценке риска для здоровья населения г. о. Пушкино от воздействия химических веществ, присутствующих в подаваемой питьевой воде централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Объектом изучения являлась вода, подаваемая водозаборными участками ВЗУ № 19, № 32, № 39, № 41, № 42, № 14, № 16, № 18, № 21, № 15, № 2, № 31 МУП «Межрайонный Щелковский водоканал», осуществляющего централизованное хозяйственно-питьевое водоснабжение населения г. о. Пушкино Московской области, питьевая вода скважин, резервуаров чистой воды (далее — РЧВ) и разводящей сети.

В качестве материалов для исследования использовали сведения разведочно-эксплуатационных паспортов скважин; результаты предварительного контроля банка данных испытательной лаборатории качества питьевой воды МУП «Пушкинский водоканал» (аттестат аккредитации № РОСС RU.000 1.517456), включающий лабораторные исследования санитарно-химических показателей качества воды из скважин водозаборных узлов и разводящей сети за период 2016–2020 гг. по показателям: запах, цветность, мутность, рН, железо суммарно, окисляемость, жесткость, сухой остаток, аммоний, нитриты, нитраты, сульфаты, хлориды, марганец суммарно, хром+6, барий, стронций, кадмий, свинец, бериллий, никель, кремний, фториды.

Оценку риска для здоровья населения от воздействия питьевой воды проводили по методическим подходам, изложенным в Руководстве Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 05.03.2004) и включающим в себя: идентификацию опасности; анализ зависимости «доза — ответ»; оценку экспозиции; характеристику риска здоровью и мероприятий по управлению риском.

Определение риска, обусловленного мутностью питьевой воды, проводили в соответствии с методическими рекомендациями МР 2.1.4.0032-11 «Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности (утвержденными Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 31 июля 2011 г.) [2]. Для мутности воды расчет величины индивидуального риска здоровью населения проводили по модели индивидуальных порогов и пробит-анализа по формуле (1):

$$\text{Prob} = -3 + 0,25 M, \quad (1)$$

где  $M$  — величина мутности по формазину (далее — ЕМФ).

За норматив допустимого уровня риска принимали величину, равную 0,05.

По результатам анализа большинство показателей качества питьевой воды в г. о. Пушкино удовлетворяли гигиеническим нормативам. Однако по показателю «мутность» наблюдалось значительное превышение гигиенического норматива в разводящей сети (50,4% проб) и РЧВ по сравнению с водозаборником. Стабильно превышало гигиенический норматив содержание суммарного железа в воде скважин на всех водозаборах и в разводящей сети.

Интенсивность запаха воды в скважинах, резервуарах и разводящей сети не превышала гигиенического норматива, находясь в интервале от 0 до 2 баллов.

Цветность воды на протяжении последних 5 лет в своих максимальных значениях за квартал характеризовалась неустойчивыми показателями от 2,2 до 16,8 градуса в по платинокобальтовой шкале, что соответствует гигиеническому нормативу (не более 20).

Содержание аммония в питьевой воде не превышало гигиенического норматива.

Определен стабильный уровень жесткости воды скважин и резервуаров. С 2016 по 2020 г. ее величина устойчиво находилась на одном уровне, и не достигала верхнего предела 7 мг-экв/л.

Значения сухого остатка воды находились в пределах оптимальных величин 300–400 мг/л при нормативе 1000 мг/л.

Максимальные концентрации нитритов в воде за анализируемые годы не превышали гигиенического норматива 3,0 мг/л и составляли 0,003 мг/л.

Максимальные концентрации нитратов в воде всех водозаборных сооружений были значительно меньше гигиенического норматива 45,0 мг/л и определялись на уровне 0,1 мг/л.

Максимальные концентрации сульфатов в течение всего периода наблюдения находились на одном уровне и не превышали гигиенического норматива 500 мг/л.

Устойчивым соответствием гигиеническому нормативу характеризовалось и содержание хлоридов в воде скважин и резервуаров, и регистрируемые концентрации были практически на порядок ниже установленных требований.

Концентрация бария в воде скважин и резервуаров также не превышала гигиенического норматива 0,7 мг/л, за исключением одного исследования в скважине 2 на ВЗУ № 18 в 2017 г., когда концентрация составила 0,82 мг/л.

Содержание марганца в воде резервуаров и скважин соответствовало гигиеническим нормативам во всех отобранных пробах воды.

Результаты расчета величины индивидуального риска здоровью населения, связанного с мутностью воды, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Риск для здоровья населения, обусловленный мутностью питьевой воды разводящей сети г. о. Пушкино

Водозаборные участки	Максимальное значение мутности, ЕМФ	Процент проб воды, не соответствующих гигиеническому нормативу – 2,6 ЕМФ	Фактический индивидуальный риск	Соотношение риска фактический/допустимый
ВЗУ № 14	4,3	23	0,027	0,54
ВЗУ № 16	4,6	77	0,033	0,65
ВЗУ № 18	4,5	55,5	0,031	0,61
ВЗУ № 19	4,9	81	0,049	0,99
ВЗУ № 32	3,5	68	0,043	0,86
ВЗУ № 39	3,1	24	0,035	0,69
ВЗУ № 41	3,3	44	0,039	0,77
ВЗУ № 42	4,5	75	0,047	0,95
ВЗУ № 21	4,2	67	0,025	0,49
ВЗУ № 15	3,2	46	0,015	0,31
ВЗУ № 2	2,9	16	0,015	0,29
ВЗУ № 31	3,1	28	0,015	0,30

В представленной выше таблице показано, что фактические максимальные уровни мутности воды в разводящей сети определяют фактический индивидуальный риск здоровью, не превышающий допустимый уровень – 0,05.

Результаты изучения канцерогенного риска для здоровья населения г. о. Пушкино Московской области, обусловленного действием химических веществ питьевой воды, подаваемой МУП «Межрайонный Шелковский водоканал» посредством ВЗУ № 14, ВЗУ № 16, ВЗУ № 18, ВЗУ № 19, ВЗУ № 32, ВЗУ № 39, ВЗУ № 41, ВЗУ № 42, ВЗУ № 21, ВЗУ № 15, ВЗУ № 2, ВЗУ № 31, показали его соответствие уровням допустимого риска с учетом всех идентифицированных химических элементов, обладающих канцерогенным потенциалом, в питьевой воде (таблица 2). Величину суммарного канцерогенного риска рассчитывали по среднегодовому содержанию в питьевой воде хрома, кадмия, свинца и бериллия.

Таблица 2 — Характеристика индивидуального перорального канцерогенного риска здоровью населения г. о. Пушкино, обусловленного химическими веществами, присутствующими в питьевой воде

Водозаборные участки	Сумма индивидуального канцерогенного риска	
	взрослые	дети
ВЗУ № 14	2,6E-05	6,5E-05
ВЗУ № 16	4,3E-05	9,9E-05
ВЗУ № 18	2,4E-05	5,5E-05
ВЗУ № 21	1,4E-05	6,0E-05
ВЗУ № 15	2,4E-05	1,9E-05
ВЗУ № 2	1,3E-04	5,0E-05
ВЗУ № 19	1,3E-04	3,9E-04
ВЗУ № 31	2,6E-05	6,3E-05
ВЗУ № 32	2,0E-05	4,8E-05
ВЗУ № 39	5,5E-05	2,7E-05
ВЗУ № 41	5,6E-05	1,0E-04
ВЗУ № 42	1,3E-05	3,6E-05

Установленное незначительное превышение рекомендуемого ВОЗ суммарного уровня допустимого индивидуального канцерогенного риска, обусловленного химическими канцерогенами питьевой воды большинства ВЗУ,  $1 \times 10^{-5}$  может свидетельствовать о целесообразности разработки дополнительных мероприятий по снижению воздействия питьевой воды, подаваемой населению.

Исключение составил ВЗУ № 31 по уровню свинца. В то же время установлено до 3-кратного превышения рекомендуемого уровня допустимого индивидуального канцерогенного риска, обусловленного хромом в питьевой воде.

#### Заключение

1. Величина риска хронического воздействия мутности воды на уровне до 4,6 ЕМФ в разводящей сети для ВЗУ № 14, ВЗУ № 16, ВЗУ № 18 рассматривается как приемлемая, при которой отсутствуют неблагоприятные медико-экологические последствия. Для ВЗУ № 19, ВЗУ № 32, ВЗУ № 39, ВЗУ № 41, ВЗУ № 42 допустимой является величина мутности до 4,9 ЕМФ, для ВЗУ № 21, ВЗУ № 15, ВЗУ № 2 и ВЗУ № 31 — до 4,2 ЕМФ.

2. Индексы опасности развития неканцерогенного эффекта у взрослого и детского населения исследованных территорий от группы веществ с однонаправленным действием от употребления питьевой воды с содержанием общего железа до 1 мг/л колеблются в пределах ниже единицы, что соответствует допустимому уровню риска.

3. Величины коэффициентов опасности развития неканцерогенных эффектов для взрослого и детского населения от употребления воды централизованных систем водозаборных узлов колеблются в пределах до 1,0, что соответствует приемлемому уровню риска (коэффициент опасности менее 1).

4. Уровень индивидуального канцерогенного риска для здоровья населения, как взрослого, так и детского, г. о. Пушкино Московской области, обусловленный отдельными идентифицированными веществами и их суммой в питьевой воде, подаваемой водозаборами, не превышает допустимого риска, за исключением водозаборов в ВЗУ № 31 по хром, где отмечается превышение канцерогенного риска (необходима разработка и проведение профилактических мероприятий).

Таким образом, временные превышения гигиенических нормативов по содержанию железа суммарно и показателю мутности для централизованных систем питьевого водоснабжения населения г. о. Пушкино Московской области не являются источником повышенного риска для здоровья



населения и могут быть установлены по Постановлению Главного Государственного санитарного врача соответствующей территории. В целях обеспечения безопасности питьевой воды, подаваемой потребителям, где фиксировалось превышение по содержанию хрома на ВЗУ № 31, необходима разработка и проведение профилактических мероприятий.

## Литература

1. СанПиН 2.1.4.559–96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества [Электронный ресурс]: санитар. правила и нормы. — Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/5/5256/index.htm>. — Дата доступа: 20.09.2023.
2. Региональные проблемы обеспечения гигиенической надежности питьевого водопользования / А. В. Тулакин [и др.] // Гигиена и санитария. — 2016. — Т. 95, № 11. — С. 1025–1028.
3. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]: санитар. правила и нормы. — Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022>. — Дата доступа: 20.09.2023.
4. Прилипко, Н. С. Гигиеническая оценка персонализированного риска здоровью для профилактики экологически обусловленных заболеваний в системе первичной медико-санитарной помощи населению. Обзор / Н. С. Прилипко, В. В. Турбинский, И. П. Бобровницкий // Russian journal of rehabilitation medicine. — 2020. — № 3. — С. 5–35.
5. Опыт практического применения методологии интегральной оценки качества питьевой воды / Ю. А. Новикова [и др.] // Актуальные вопросы устойчивого природопользования: научно-методическое обеспечение и практическое решение: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию НИЛ экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики БГУ, Минск, 9–11 ноября 2022 г. / БГУ, Фак. географии и геоинформатики; редкол.: Д. С. Воробьёв (отв. ред.) [и др.]. — Минск: БГУ, 2022. — С. 415–418.

Поступила 22.09.2023

## ЗДОРОВЬЕ ФОРМИРУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГИГИЕНИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ И ВОСПИТАНИЯ

<sup>1</sup>Савченко О. А., к. б. н., [savchenkooa1969@mail.ru](mailto:savchenkooa1969@mail.ru),

<sup>1</sup>Новикова И. И., д. м. н., профессор, [novik\\_ir70@rambler.ru](mailto:novik_ir70@rambler.ru),

<sup>2</sup>Плотникова О. В., [olga.plotnikova7@mail.ru](mailto:olga.plotnikova7@mail.ru),

<sup>3</sup>Семёнова Е. В., [elena26120@mail.ru](mailto:elena26120@mail.ru),

<sup>3</sup>Ступа С. С., [stupa\\_s73@mail.ru](mailto:stupa_s73@mail.ru),

<sup>4</sup>Костюк И. И., [ivan\\_kostiuk@mail.ru](mailto:ivan_kostiuk@mail.ru)

<sup>1</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека», г. Новосибирск, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации», г. Омск, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Новосибирской области», г. Новосибирск, Россия;

<sup>4</sup>Бюджетное учреждение здравоохранения Омской области «Территориальный центр медицины катастроф», г. Омск, Россия

Стратегия действий органов государственной власти в области охраны здоровья населения Российской Федерации (далее — РФ) закреплена в Конституции РФ, а также определено национальными целями и стратегическими задачами развития страны<sup>1</sup>, задачами Министерства здравоохранения РФ по формированию у населения здорового образа жизни (далее — ЗОЖ), профилактике

---

<sup>1</sup> Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (с изменениями и дополнениями).

и контроль неинфекционных заболеваний на ближайший период<sup>1</sup>, связанными с повышением качества и продолжительности активной жизни трудового контингента, профилактикой вредных привычек.

Цель данных действий — формирование «здорового» общества, способного выполнять различные задачи на современном этапе развития государства, и заложение основы социально-экономического могущества для «здорового» развития будущих поколений.

На этой основе можно сформулировать два направления в области сохранения и укрепления здоровья населения:

1) сохранение населения, здоровья и благополучия людей, обеспечение устойчивого естественного роста численности населения, повышение ожидаемой продолжительности жизни до 78 лет (к 2030 г. — до 80 лет) и активного долголетия [1] через выполнение социальных гарантий государства, повышение материального уровня оплаты труда работающих и пенсионеров;

2) снижение заболеваемости за счёт приобщения граждан к ведению ЗОЖ [2–5], увеличения доли граждан, систематически занимающихся физической культурой и спортом, до 70%<sup>2</sup>.

Решение стоящих перед органами государственной власти задач будет затруднено без внедрения здоровьесформирующих технологий гигиенического обучения и воспитания во все слои нашего общества.

С целью формирования «здорового» общества осуществляется внедрение здоровьесформирующих технологий гигиенического обучения и воспитания в повседневную деятельность предприятий (организаций), предпринимаются меры по реализации модели комплексной системы формирования ЗОЖ и профилактики неинфекционных заболеваний<sup>3</sup>.

Система гигиенического обучения и воспитания населения РФ объединяет организационные, гигиенические, педагогические и воспитательные принципы, включающие в себя комплексную, просветительскую, обучающую и воспитательную деятельность, направленную на формирование общей гигиенической культуры, нравственности, укрепление и сохранение здоровья населения методами и средствами ведения ЗОЖ [3, 4].

Гигиеническое воспитание населения РФ обязательно включает в себя: повышение санитарной культуры и медицинской грамотности населения; профилактику заболеваний; распространение гигиенических и медико-биологических знаний о ЗОЖ [5].

Задачи гигиенического обучения и воспитания населения:

1) формирование у граждан РФ стойкой мотивации и культуры к ведению ЗОЖ;

2) изменение у населения имеющегося этнокультурного поведения в отношении к здоровью и в решении проблем со здоровьем;

3) пропаганда активного здоровьесформирующего образа жизни и долголетия.

Решение задач, направленных на сохранение здоровья населения РФ, осуществляется путем:

– информирования населения о сущности здоровья и долголетия, о возможностях по его формированию методами и средствами ведения ЗОЖ (средства массовой информации, культуры, физкультурные и образовательные учреждения);

– мотивирования населения к ведению ЗОЖ (руководство организаций и учреждений, средства массовой информации, культуры, физкультурные и образовательные учреждения — поощрение граждан, ведущих ЗОЖ);

– создания качественных и доступных условий для занятий населения физической культурой и спортом (обеспечение работников и членов их семей бесплатными абонементом в физкультурно-оздоровительные комплексы, стадионы, бассейны; парки и скверы, оборудованные пешеходными и велосипедными дорожками);

– создания условий для своевременного обращения за качественной и доступной медицинской и психологической помощью, в том числе на производстве, в образовательных организациях, с целью раннего выявления признаков заболеваний, способствующих развитию ускоренного старения, смертности и травматизма.

Гигиеническое обучение и воспитание населения — массовое, групповое, индивидуальное.

Методы гигиенического обучения (просвещения) населения: устный, печатный (текстовый), наглядный, комбинированный (смешанный).

<sup>1</sup> Приказ Министерства здравоохранения РФ от 15 января 2020 г. № 8 «Об утверждении Стратегии формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года»

<sup>2</sup> Постановление Правительства РФ от 30 января 2023 г. № 129 «Об утверждении Правил оказания физкультурно-оздоровительных услуг».

<sup>3</sup> [https://gncipm.ru/wp-content/uploads/2020/01/tvyakovleva\\_ekaterinburg\\_prezentacziya.pdf](https://gncipm.ru/wp-content/uploads/2020/01/tvyakovleva_ekaterinburg_prezentacziya.pdf).

Обязательными условиями для успешности гигиенического обучения и воспитания населения являются: государственный характер, плановость, непрерывность, повторяемость, массовость, научность, доступность, актуальность, целенаправленность, дифференцированность.

Формирование (переформирование) у населения «здорового» мировоззрения методами и средствами ЗОЖ определяет собой комплекс представлений человека о смысле жизни, отношении к окружающему миру, к себе, к своему здоровью и здоровью окружающих.

Привитие навыков ведения ЗОЖ у населения осуществляется по двум направлениям:

1) уменьшение и ликвидация факторов риска здоровью (физические, химические, биологические, информационные, социальные, комбинированные);

2) создание, развитие, усиление, активизация позитивных для здоровья условий, факторов и обстоятельств.

На основе осознанной мотивации к сохранению здоровья у населения формируется собственный стиль здорового поведения и культуры ЗОЖ.

Стиль здоровой жизни формируется с использованием различных мотиваций: мотивации подчинения этнокультурным требованиям, мотивации самосохранения, мотивации получения удовольствия от здоровья, мотивации получения удовольствия от ведения ЗОЖ; мотивации самосовершенствования, мотивации маневрирования, мотивации сексуальной реализации, мотивации достижения максимально возможной комфортности.

Охрана здоровья населения зиждется на условии формирования приоритета здоровья в системе социальных и духовных ценностей российского общества путем создания у населения РФ экономической и социокультурной мотивации быть здоровым и обеспечения государством правовых, экономических, организационных и инфраструктурных условий для ведения ЗОЖ. Поэтому вопросы профилактики заболеваний у населения, связанные с гигиеническим обучением и воспитанием населения, методами и средствами ведения ЗОЖ органам власти и руководителям всех степеней и рангов следует рассматривать как личные инвестиции в будущие доходы за счет физического приращения человеческого капитала и социально-экономического развития государства. Мотивации к ведению ЗОЖ и ряд других факторов необходимо учитывать в совокупности с трудовой мотивацией при разработке стратегий и программ, направленных на активную трудовую деятельность и долгожительство [1].

Охрана здоровья населения является делом государственной важности и национальной безопасности РФ и рассматривается в совокупности с системой материальных, социокультурных, экологических и демографических компонентов, качеством жизни и питания всех членов общества.

Решение проблемы в области повышения общей санитарной культуры, медицинской и экологической грамотности населения имеет важное значение для сохранения здоровья граждан РФ, при комплексном внедрении здоровьесформирующих технологий гигиенического обучения и воспитания населения в повседневную деятельность государственных учреждений и организаций, в том числе воспитательной работы через средства массовой информации к ведению ЗОЖ.

## Литература

1. Долгожительство: миф или реальность / О. А. Савченко [и др.] // Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. — 2022. — Т. 17, № 3. — С. 1110–1119.

2. Концепция модели формирования здорового образа жизни / И. И. Новикова [и др.] // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Здоровье и окружающая среда», посвященной 95-летию республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены», Минск, 24–25 ноября 2022 г. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; редкол.: С. И. Сычик [и др.]; под общ. ред. А. А. Тарасенко. — Минск: Изд. центр БГУ, 2022. — С. 43–47.

3. Савченко, О. А. О формировании здорового образа жизни / О. А. Савченко. — М.: Акад. мед.-техн. наук, 2015. — 84 с.

4. Савченко, О. А. Сохрани и преумножь или искусство быть здоровым / О. А. Савченко. — СПб.; Омск: ОАБИИ, 2017. — 120 с.

5. Основы гигиенических знаний и здорового образа жизни: учебное пособие для обучающихся средних и высших учебных заведений / О. А. Савченко [и др.]. — Омск: Ом. гуманитар. акад., 2021. — 143 с.

Поступила 06.09.2023

# МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРНОКЛИМАТИЧЕСКОГО ГОРОДА-КУРОРТА КИСЛОВОДСКА (1993–2023 ГГ.)

Тычина А. П., *a.cozinowa@yandex.ru*,  
Попов А. Н., *x.popov@yandex.ru*

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки, Россия

В последние несколько десятилетий процессы глобальных изменений климата Земли становятся все заметнее и рассматриваются как реальный фактор воздействия на перспективы устойчивого развития всех сфер жизни человека. Отмечается положительная тенденция роста среднегодовых температур, а также увеличение масштабов и темпов изменения других климатических характеристик [1].

Значимость этой проблематики для территории Кавказских Минеральных Вод заключается в том, что здесь отмечаются наиболее благоприятные условия для лечения, проживания и оздоровительного отдыха населения России [2, 3].

Территория Кавказских Минеральных Вод характеризуется разнообразием климатических условий, благоприятных для развития городов как курортов и успешного использования в климатотерапии [4].

Кисловодск — самый южный курорт в группе Кавказских Минеральных Вод и вместе с благоприятным биоклиматом и лечебными минеральными источниками является одним из главных рекреационных ресурсов территории. Благодаря многообразию природно-климатических факторов воздействие на функциональное состояние организма человека носит разнообразный характер. Увеличение температуры окружающей среды ведет к изменению у людей гемодинамических характеристик кровотока, боли в области сердца, скованности движений в суставах и мышцах, изменению функций внешнего дыхания.

Нами было проведено исследование климатических особенностей региона путем анализа температурных параметров, режима осадков и характера их изменения за последние 30 лет [5].

Цель работы — выявление закономерностей изменений климата в условиях горноклиматического города-курорта Кисловодска по показателям температуры воздуха и количества осадков.

Информационной базой в работе послужили многолетние данные метеорологической станции (за период 1993–2023 гг.), расположенной на территории нижней части ФГБУ «Национальный парк «Кисловодский» в горно-котловинной междуэстовой расчлененной эрозионно-тектонической депрессии вдоль долины реки Ольховки на склонах Джинальского хребта, гор Крестовой, Тупой (Сосновой), Пикет и Малое седло на высоте 843,5 м над уровнем моря.

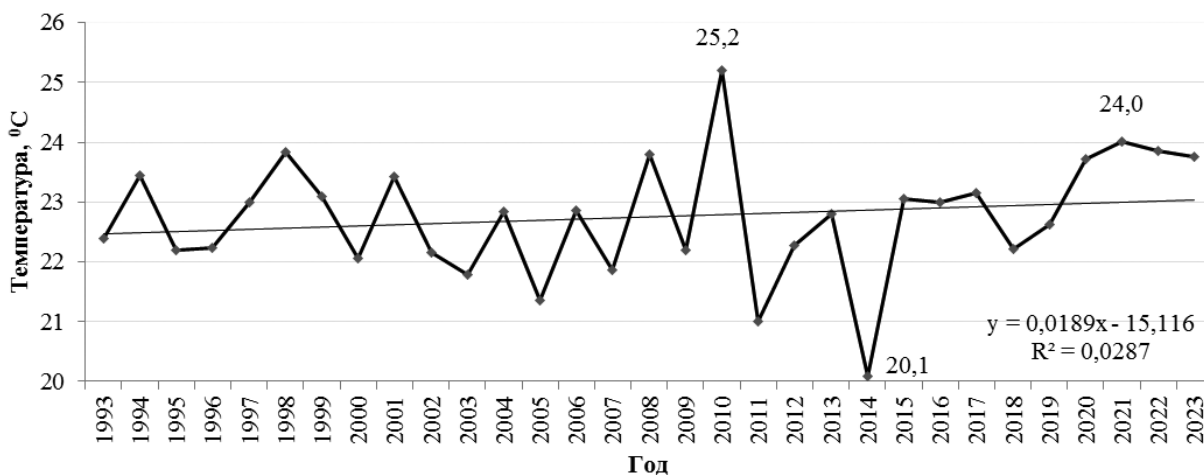
Для оценки изменений в характеристиках климата за определенный интервал времени использованы коэффициенты линейных трендов, определяемые методом наименьших квадратов. В качестве меры существенности тренда рассчитывался коэффициент детерминации ( $R^2$ ), характеризующий вклад трендовой составляющей в полную дисперсию климатической переменной за рассматриваемый период времени и выраженный в процентах от полной дисперсии.

За последние 30 лет, с 1993 по 2023 г., в городе Кисловодск отмечен стабильно устойчивый рост среднегодовой температуры воздуха.

Согласно рисунку 1, в 2010 г. наибольшая величина среднегодовых значений температурного максимума составила 25,2 °С. В 2011 и 2014 гг. была зафиксирована наименьшая величина среднегодовой максимальной температуры, составляющая 21 и 20,1 °С соответственно.

Рассматривая динамику хода среднегодовых значений абсолютного максимума температур, можно выделить временные диапазоны с 1993 по 2002 г. и с 2002 по 2007 г. Именно в эти годы среднегодовые максимальные температуры имели наименьшее колебание и находились в пределах 22–24 °С и 21,5–22,8 °С соответственно. В среднем наблюдается тенденция к увеличению максимальных температур. Так, с 2018 г. их среднегодовые значения не опускались ниже 22,2 °С.

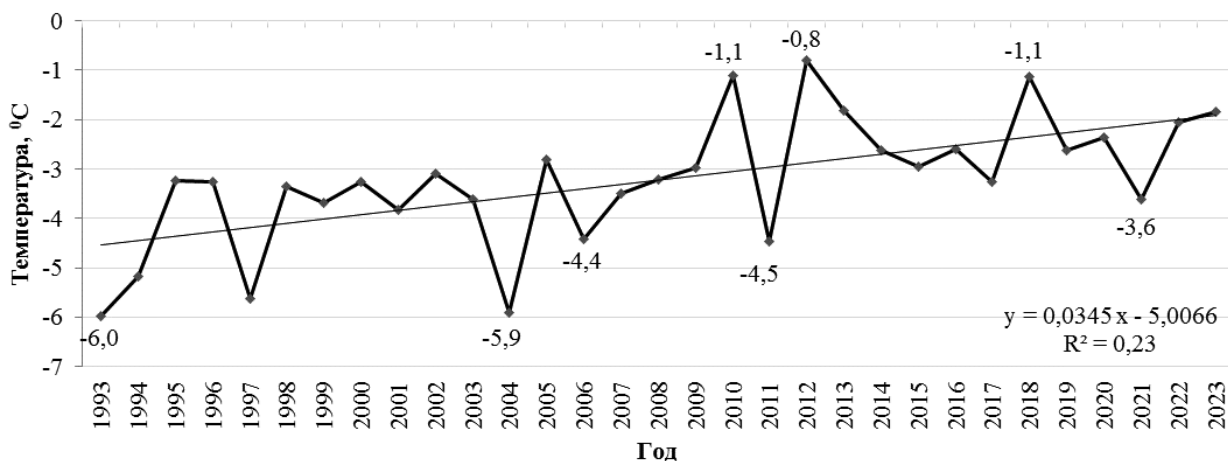
Анализ температурного режима за исследуемый период времени показал, что среднегодовые максимальные температуры находятся в пределах от 20 до 25 °С.



**Рисунок 1 – Временной ряд и линейный тренд среднегодовых максимальных значений температуры г. Кисловодска, °С, 1993–2023 гг.**

Рассматривая ход среднегодовых минимальных температур (рисунок 2), можно выделить период, на который приходились их наименьшие значения, — 1993 г. (–6,0 °С) и 2004 г. (–5,9 °С). Наибольшие значения среднегодовых минимальных температур были зафиксированы в 2010 и 2018 гг. (–1,1 °С), пик повышения пришелся на 2012 г. (–0,8 °С).

С 2009 по 2012 г. наблюдался климатический экстремум с аномально резкими перепадами среднегодовых минимальных температур.



**Рисунок 2 – Временной ряд и линейный тренд среднегодовых минимальных значений температуры г. Кисловодска, °С, 1993–2023 гг.**

Среднегодовые значения температуры за исследуемый период времени характеризуются положительными значениями и амплитудой 3,9 °С (рисунок 3). Наибольшие ее значения отмечены в 2010 г., когда величина среднегодовой температуры достигала 9,8 °С (при средней многолетней 8,1 °С), а самые низкие — в 1993 г. (5,9 °С). С 2012 г. среднегодовая температура не опускалась ниже 8,0 °С.

На всех графиках прослеживаются тренды увеличения среднегодовых температур, однако рост минимальных среднегодовых температур более выражен. В целом можно отметить, что за исследуемый период с 1993 по 2023 г. наблюдается увеличение количества положительных аномалий среднемесячной температуры воздуха, а также их абсолютных значений. Графики показывают устойчивую тенденцию к потеплению, особенно хорошо выраженную в последнее десятилетие.

Максимальные значения осадков были зафиксированы в 2002 (1020,4 мм) и 2004 гг. (966,9 мм), а минимальные — в 1994 (433,8 мм), в 2007 (527,7 мм) и в 2022 (503,5 мм) гг. С 2015 г. отмечается поэтапное снижение количества осадков (рисунок 4).

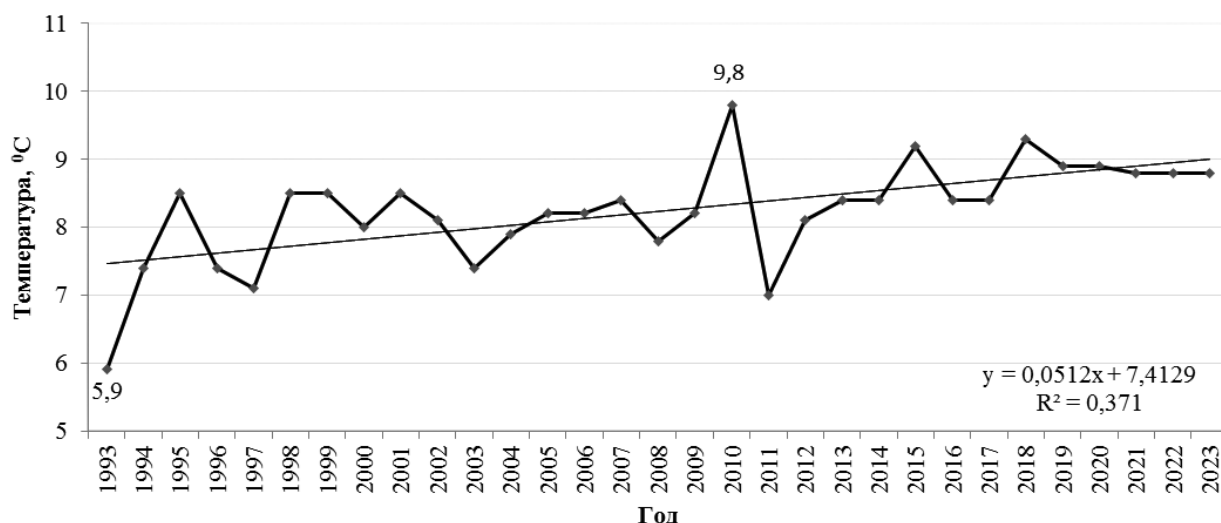


Рисунок 3 – Временной ряд и линейный тренд среднегодовых значений температуры г. Кисловодска, °С, 1993–2023 гг.

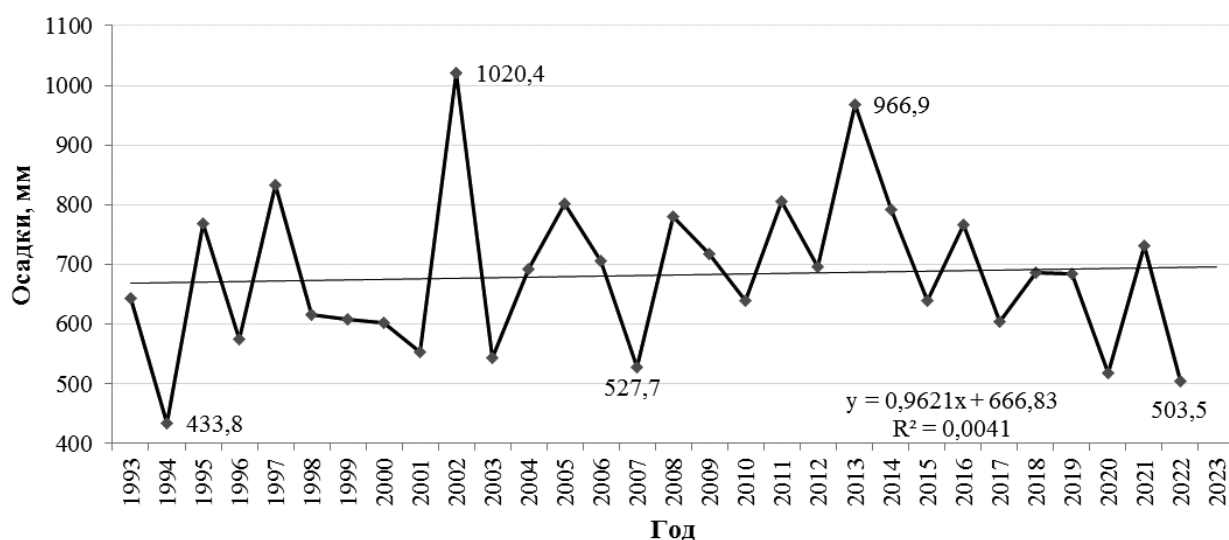


Рисунок 4 – Временной ряд и линейный тренд выпавших осадков на территории г. Кисловодска, мм, 1993–2023 гг.

Средняя многолетняя норма осадков составляет 761,0 мм. Анализ режима суммы осадков на территории города Кисловодска показал, что среднее значение за рассматриваемый период составило 681,7 мм, что статистически значимо и равно климатической норме 681,0 мм.

Таким образом, за период 1993–2023 гг. отмечены только положительные отклонения от среднего многолетнего значения как в максимальных, так и в минимальных значениях.

Температурный режим характеризуется незначительным увеличением среднегодовой температуры воздуха. Более выражены изменения среднегодовых максимальных и минимальных температур. Рассматривая динамику хода температуры, мы можем сделать вывод, что для территории г. Кисловодска характерны современные тенденции изменения климата — прослеживается тренд потепления. В режиме осадков не отмечено существенных изменений.

## Литература

1. Разработка системы многопрофильной оценки влияния глобального изменения климата на здоровье населения России / И. Г. Гранберг [и др.] // Технологии живых систем. — 2008. — Т. 5, № 5–6. — С. 11–19.
2. Курортология Кавказских Минеральных Вод: науч. Изд. / под общ. ред. В. В. Уйба. — Пятигорск: ФГУ «Пятигорский Гос. НИИ курортологии ФМБА России», 2011. — 368 с.
3. Природно-ресурсный потенциал территории и природопользование: региональные аспекты: учеб. пособие / В. И. Михайленко [и др.]. — Пятигорск: СевКавГТУ, РИА-КМВ, 2007. — 320 с.
4. Методика оценки ландшафтно-климатического потенциала курортов и лечебно-оздоровительных местностей: метод. рек. ФМБА России № 13 / Н. П. Поволоцкая [и др.]. — Пятигорск: ФМБА России; ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, 2021. — 39 с.
5. Лечебно-оздоровительный потенциал биоклимата и ландшафта Национального парка «Кисловодский» / Н. В. Ефименко [и др.] // Современные вопросы биомедицины. — 2019. — № 4(2). — С. 54–65.

Поступила 10.10.2023

## ВОЗДЕЙСТВИЕ КОМПОНЕНТОВ СВАЛОЧНОГО ГАЗА НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА И СНИЖЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ВЫБРОСОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМ ДЕГАЗАЦИИ НА ПОЛИГОНАХ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

*Фурса Ю. В., icd@ecoinfo.by,  
Гончар К. В., icd@ecoinfo.by,  
Мелех Д. В., icd@ecoinfo.by*

Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ „Экология“»,  
г. Минск, Республика Беларусь

Свалочный газ состоит из более 100 компонентов с различными свойствами. Любой из компонентов, входящих в состав свалочного газа, может как по отдельности, так и в сочетании создавать опасность удушья, если они присутствуют в количествах, достаточных для создания среды с дефицитом кислорода. В настоящей статье рассматривается, как использование газа, образующегося на полигонах твердых коммунальных отходов (далее — ТКО), может снизить вредное воздействие на окружающую среду и здоровье человека, которое является результатом деятельности полигонов захоронения твердых коммунальных отходов. Выработка электроэнергии на свалочном газе обеспечивает значительные преимущества для качества воздуха.

Управление по охране труда и гигиене труда США (OSHA) определяет среду с дефицитом кислорода как среду, в которой содержание кислорода составляет менее 19,5 % по объему. Окружающий воздух содержит примерно 21 % кислорода по объему.

В большей степени опасности подвержены органы дыхания, осязания, зрения. Поступление свалочного газа в организм может вызывать удушье, одышку, потерю сознания, головокружение, а при длительном воздействии — летальный исход. Некоторые компоненты биогаза, содержащиеся в нем даже в малых количествах, канцерогенны или токсичны.

Свалочный газ, образующийся под поверхностью полигона твердых коммунальных отходов, обычно удаляется от полигона. Газы имеют тенденцию расширяться и заполнять доступное пространство, так что они перемещаются или «мигрируют» через ограниченные поровые пространства в теле полигона и почвах, покрывающих полигон. Естественная тенденция свалочных газов, которые легче воздуха, таких как метан, состоит в том, что они двигаются вверх, обычно через поверхность полигона ТКО. Восходящее движение свалочного газа может быть остановлено плотно уплотненными отходами или материалом покрытия (например, ежедневным почвенным покровом). Когда восходящее движение сдерживается, газ имеет тенденцию мигрировать горизонтально в другие области тела полигона или в области за пределами полигона ТКО, где он может возобновить свой восходящий путь. В основном газы идут по пути наименьшего сопротивления. Некоторые газы, такие как двуокись углерода, плотнее воздуха и будут скапливаться в подпочвенных зонах, например, в коридорах коммуникаций. Подземные трубы или естественные подземные геологические образования могут

служить путями миграции свалочного газа. Свалочный газ может накапливаться в замкнутом пространстве до концентрации, при которой он потенциально способен взорваться. Замкнутым пространством может быть люк, подземное пространство, подсобное помещение в доме или подвал. Концентрация, при которой газ может взорваться, определяется его нижним и верхним пределами взрываемости. Системы сбора и очистки газа, если они работают должным образом, уменьшают количество газа, который может выйти из полигона [1].

Целью работы является подготовка научно обоснованного анализа для установок по получению свалочного газа и производству из него электрической и тепловой энергии на полигонах ТКО, а также обоснование метода снижения потенциала его негативного влияния на окружающую среду и здоровье населения.

При оценке проблем общественного здравоохранения, связанных с миграцией свалочного газа, специалисты по охране окружающей среды исследуют наличие подземных инженерных коммуникаций и ливневой канализации на свалке или рядом с ней. Эти конструкции не только обеспечивают путь для миграции газов, но и создают особую проблему удушья для работников коммунальных служб, которые не соблюдают процедуры входа в замкнутое пространство. Территорию рядом с жилыми домами и коммерческими зданиями с подвалами или изолированными помещениями также следует исследовать на предмет потенциальной опасности удушья. Известно много случаев отравления при техническом обслуживании заглубленных инженерных коммуникаций, которые сопровождались летальными исходами.

По влиянию на здоровье человека составляющие биогаза можно разделить на инертные, к которым относятся метан, азот, водород, и ядовитые — углекислый и угарный газы, тяжелые углеводороды, сероводород. Их вредное воздействие заключается в следующем.

Метан обладает способностью накапливаться до концентраций, вызывающих удушье. Свалочный газ, получаемый на существующих установках дегазации, на 50 % состоит из метана.

Углекислый газ (диоксид углерода,  $\text{CO}_2$ ), который составляет от 40 % до 60 % свалочного газа, может представлять особую опасность удушья. Поскольку он плотнее воздуха, углекислый газ, который мигрировал с полигона ТКО и собрался в замкнутом пространстве, таком как подвал или подземный коридор, может оставаться в этом районе в течение нескольких часов или дней после того, как помещение было открыто для доступа воздуха (например, после того, как была снята крышка люка или открылась дверь в подвал). Углекислый газ не имеет цвета и запаха, и поэтому его нелегко обнаружить. Концентрация углекислого газа 10 % или более может привести к потере сознания или летальному исходу. Более низкие концентрации могут вызвать головную боль, потливость, учащенное дыхание, учащенное сердцебиение, одышку, головокружение, психическую депрессию, нарушения зрения или дрожь. Серьезность этих симптомов зависит от концентрации и продолжительности воздействия. Реакция на вдыхание углекислого газа сильно различается даже у здоровых людей. Диоксид углерода в высоких концентрациях опасен для здоровья (при высоком содержании кислорода и  $\text{CO}_2 > 3\%$  через 0,5–1 ч происходит потеря сознания, а при 9 %  $\text{CO}_2$  через 5–10 мин наступает смерть).

Оксид углерода содержится в биогазе в следовых количествах, но при накоплении до концентрации 0,2 % вызывает одышку, судороги, потерю сознания, до 0,5 % в течение 5–10 мин — смерть.

Сероводород оказывает влияние на нервную систему, органы обоняния. Сероводород относят ко 2-му классу опасности (вещества высокоопасные). Предельно допустимая максимальная разовая концентрация химического вещества в атмосферном воздухе — 8 мг/м<sup>3</sup>.

Сероводород является одним из основных загрязняющих веществ, содержащихся в биогазе, который представляет собой один из конечных продуктов анаэробной биodeградации белков и других серосодержащих соединений в отходах. Это бесцветный газ с неприятным запахом тухлых яиц. Очень ядовит. Первые симптомы отравления сероводородом наступают при концентрации в 0,006 мг/л (4,24 ppm) при вдыхании дольше 4 часов. Острое отравление — при концентрациях 0,2–0,3 мг/л. Концентрация свыше 1 мг/л (705 ppm) считается смертельной. Гибель наступает после одного вдоха практически моментально. При концентрации в воздухе 4,5–45 % сероводород воспламенит и взрывоопасен.

Особенностью сероводорода является воздействие на диафрагмальный нерв. Это приводит к невосприимчивости запаха газа, из-за чего человек не способен понять, что концентрация увеличивается. При вдыхании сероводорода кроме запаха, который ощущается первое время, во рту появляется сладкий привкус железа.

При наличии постоянного источника выбросов сероводорода (которыми являются полигоны ТКО) люди, живущие или работающие вблизи мест захоронения отходов, постоянно подвергаются влиянию сероводорода на организм. Влияние на организм разделяется на три периода воздействия: острое (14 дней или менее), промежуточное (15–364 дня) и хроническое (365 дней или более).



Рабочие подвергаются воздействию при вдыхании сероводорода в воздухе, и этот ядовитый газ быстро поглощается легкими. Считается, что воздействие сероводорода не позволяет мозгу использовать кислород за счет ингибирования фермента цитохромоксидазы [2].

### **Причины возникновения неприятного запаха на полигонах ТКО**

Биогаз обладает типичным сладковато-гнилостным запахом. Наряду со сложными эфирами жирных кислот и спиртами, входящими в состав биогаза, запах формируют сероводород и органические сернистые соединения (меркаптаны и сульфиды). Основные компоненты, вызывающие неприятный запах: сероводород, 2-пропандиол, 2-бутандиол, диметилсульфид, диметилдисульфид, диметилтрисульфид. Сернистые соединения имеют самые низкие пороговые значения запаха.

**Сульфиды.** Сероводород, диметилсульфид и меркаптаны являются тремя наиболее распространенными сульфидами, ответственными за запахи на полигонах. Эти газы издают очень сильный запах тухлых яиц — даже при очень низких концентрациях. Из этих трех сульфидов сероводород выбрасывается со свалок с самыми высокими скоростями и концентрациями. Люди чрезвычайно чувствительны к запаху сероводорода и могут ощущать такие запахи даже при концентрациях от 0,5 до 1 части на миллиард (ppb). При уровнях, приближающихся к 50 ppb, запах может показаться неприятным. Средние концентрации в окружающем воздухе колеблются от 0,11 до 0,33 ppb. Согласно исследованиям, концентрация сероводорода в окружающем воздухе вокруг свалки обычно составляет около 15 ppb. Отношение производительности  $H_2S$  к продукции метана на полигоне оценивается как  $2,53 \times 10^{-5}$  (по массовой производительности) [3].

Аммиак — еще один пахучий свалочный газ, который образуется в результате разложения органических веществ на свалке. Аммиак широко распространен в окружающей среде и является важным соединением для поддержания жизни растений и животных. Люди ежедневно подвергаются воздействию низких уровней аммиака в окружающей среде в результате естественного разложения навоза, мертвых растений и животных. Поскольку аммиак обычно используется в качестве бытового чистящего средства, большинству людей знаком его отчетливый запах. Люди гораздо менее чувствительны к запаху аммиака, чем к запахам сульфидов. Порог запаха для аммиака составляет от 28 000 до 50 000 ppb. Сообщается, что свалочный газ содержит от 1 000 000 до 10 000 000 ppb аммиака, или от 0,1 до 1 % аммиака по объему. Ожидается, что концентрации в атмосферном воздухе на полигоне или вблизи него будут намного ниже.

Многим людям запах, исходящий от полигона ТКО, может показаться неприятным. В ответ на запах у некоторых людей может возникнуть тошнота или головная боль. Хотя такие реакции нежелательны, медицинская помощь обычно не требуется. Часто такие симптомы, как головная боль и тошнота, исчезают, когда исчезает запах. Однако влияние на повседневную жизнь может быть более длительным. Потеря сна и недовольство от резких запахов значительно увеличивают уровень стресса. Несмотря на то что запахи свалок могут не ассоциироваться с долгосрочными неблагоприятными последствиями для здоровья или болезнями для большинства людей, дополнительные неудобства и стресс могут значительно повлиять на качество жизни.

Исследования подтверждают, что сильные запахи уже много лет считаются основным триггером астмы. Так, отмечаются снижение функции легких, стеснение в груди и хрипы, раздражение слизистой оболочки из-за воздействия сильных запахов.

Множественная химическая чувствительность (далее — MCS) — еще одно заболевание, связанное с воздействием распространенных химических загрязнителей. Риски от воздействия включают ряд острых, хронических и потенциально инвалидизирующих последствий для здоровья, включая головные боли, головокружение, судороги, сердечную аритмию, желудочно-кишечные проблемы, затрудненное дыхание и приступы астмы. Согласно исследованию, 91,5 % людей с диагнозом MCS также чувствительны к запахам, сообщая об одном или нескольких типах проблем со здоровьем, таких как затрудненное дыхание (56,3 %) и мигрени (46,5 %) [4].

Всемирная организация здравоохранения подтверждает, что риск астмы увеличивается среди прочего при контакте с целым рядом раздражающих веществ, присутствующих в окружающей среде: например, при загрязнении воздуха в помещениях и атмосфере, при контакте с химическими веществами, выхлопными газами или пылью на производстве. Воздействие источников загрязнения воздуха, а также резкие запахи могут спровоцировать и усугубить симптомы астмы.

Запах может проявляться по всей территории полигона и зависит от доли свежих отходов, размера полигона и технологии захоронения. Целесообразно выделять четыре характерные области проявления запаха: по периметру строений; с поверхности свалки; контролируемые и неконтролируемые точки эмиссии газа (включая системы сжигания и использования); контролируемые и неконтролируемые системы отбора и наблюдения за фильтратом. На распространение газа влияют местные климатические условия в области полигона. Запах является одним из важнейших факторов,

определяющих зону влияния полигона. При неблагоприятных погодных условиях он может распространяться в радиусе 2 км.

#### **Потенциал сокращения выбросов компонентов свалочного газа в окружающую среду**

Надлежащее управление полигонами ТКО может помочь решить проблему поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Одним из методов рационального управления полигонами ТКО является наличие установок дегазации.

Данные по объекту установки системы сбора свалочного газа предоставлены владельцем установки. Расчет проводился по методике расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов / Москва, 2004, методика Руководящие принципы МГЭИК, 2006.

Исследования были проведены на одном из объектов Республики Беларусь со следующими характеристиками: установка по получению свалочного газа и производству из него электрической и тепловой энергии с установленной электрической мощностью — 1063 кВт. Количество выработанной электроэнергии за 2021 г. — 6 121 436 кВтч. Объем газа, сожженного в факеле в 2021 г., — 3 537 000 Нм<sup>3</sup>. Содержание метана в газе, потребленном для выработки электроэнергии, — 50%. Содержание сероводорода в газе, потребленном для выработки электроэнергии, — 500 ppm.

Информация о полигоне ТКО, на котором расположена установка: мощность объекта — 285,9 тыс. тонн/год; начало эксплуатации — 1975 г.; проектный срок эксплуатации — 10 лет; общая площадь полигона — 14,36 га, площадь для размещения ТКО — 8,29 га; количество накопленных отходов — 948 460,19 тонн; 2 наблюдательные скважины глубиной 5,5 м и 1 скважина глубиной 10,5 м.

По данным объекта, содержание сероводорода в газе, потребленном для выработки электроэнергии, составляет 500 ppm. Объем извлеченного свалочного газа в 2021 г. составил 3 537 000 Нм<sup>3</sup>. В объемных единицах деятельность установки предотвратила выбросы в атмосферный воздух для исследуемого объекта — 2,5 тонны H<sub>2</sub>S/год. Согласно расчетным данным валовой выброс сероводорода для полигона ТКО составляет 11,33 тонн/год. Результатом деятельности установки по получению свалочного газа и производству из него электрической и тепловой энергии на полигоне твердых коммунальных отходов стало среди прочего снижение выбросов H<sub>2</sub>S в атмосферный воздух на 22,1%.

При среднем содержании метана в свалочном газе 50% деятельность биогазовых установок на полигонах ТКО позволяет сократить выбросы метана в атмосферный воздух на 9,6% для объекта.

В процессе проведения исследования выполнена оценка воздействия свалочного газа на здоровье персонала, обслуживающего полигон ТКО; определены причины возникновения неприятного запаха на полигонах ТКО и показана роль биогазовых установок в его устранении; произведен расчет сокращения выбросов метана и сероводорода от работы биогазовых комплексов.

### **Литература**

1. Landfill Gas Primer, An Overview for Environmental Health Professionals [Electronic resource] // Agency for Toxic Substances and Disease Registry. — Mode of access: <https://www.atsdr.cdc.gov/HAC/landfill/html/intro.html>. — Date of access: 05.10.2023.
2. Управление отходами. Сточные воды и биогаз полигонов захоронения твердых бытовых отходов: моногр. / Я. И. Вайсман [и др.]; под ред. Я. И. Вайсмана. — Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн ун-та, 2012. — 258 с.
3. *Jae Hac Ko*. Emissions and Control of Hydrogen Sulfide at Landfills: A Review / Jae Hac Ko, Qiyong Xu, Yong-Chul Jang // *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. — 2015. — Vol. 45, № 19. — P. 2043–2083.
4. *Steinemann, A*. Prevalence and effects of multiple chemical sensitivities in Australia / A. Steinemann // *Preventive Medicine Reports*. — 2018. — Vol. 10. — P. 191–194.

Поступила 10.10.2023

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В КОЛЛЕКТИВАХ НА ОСНОВАНИИ ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РИСКА

*Харитоновна Е. А., к. м. н., доцент [haritonova\\_ea@mail.ru](mailto:haritonova_ea@mail.ru),  
Лукьянова Л. А., [lalukianova@mail.ru](mailto:lalukianova@mail.ru)*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Россия

Люди, проживающие совместно большими коллективами, являются особой категорией граждан [1], которая имеет высокий риск быстрого распространения острых респираторных вирусных заболеваний по причине их компактного расположения, и это требует повышенного внимания. Состояние здоровья одного члена коллектива может повлиять на здоровье всего коллектива [2]. Обусловлено это тем, что в условиях компактного проживания затруднено выполнение правил по соблюдению социальной дистанции [3]. В связи с этим проблема выявления признаков инфекционного заболевания на ранней стадии становится очень актуальной, особенно в условиях неблагоприятной обстановки, которая бесспорно ухудшает течение болезни [4].

Целью работы были разработка программного комплекса для выявления рисков развития острых респираторных вирусных заболеваний в крупных коллективах на основе ранжирования социально-физиологических и поведенческих факторов и проведение проспективного исследования с использованием разработанного программного комплекса и технических средств для выявления зависимости частоты заболеваемости от величины ранга, рассчитанного на основе социально-физиологических и поведенческих факторов и температуры тела.

Проблема прогнозирования эпидемиологической напряженности в крупных социальных группах (учебные группы, трудовые коллективы, коллективы военнослужащих) привлекает все более пристальное внимание в связи с неблагоприятной эпидемиологической ситуацией в мире. Особо актуальной эта проблема становится при угрозе эпидемии, когда требуется как можно раньше идентифицировать группы лиц, наиболее подверженных риску заболевания острыми респираторными вирусными инфекциями (далее — ОРВИ). Основой для выявления таких лиц служат анализ и категорирование факторов окружающей среды и поведенческих факторов, отрицательно влияющих на здоровье людей. Это позволяет контролировать изменение эпидемиологической обстановки и организовывать режимно-ограничительные мероприятия на ранней стадии распространения инфекционных заболеваний. Все неблагоприятные факторы совокупно влияют как на восприимчивость к ОРВИ, так и на тяжесть течения самого заболевания и риск возникновения осложнений. В настоящее время к решению задач раннего выявления ОРВИ нужно подходить с точки зрения технологического подхода.

При создании программного комплекса были определены следующие критерии:

- работа с комплексом должна быть максимально простой и доступной для обычных пользователей;
- имеется возможность учитывать персональные данные;
- доступ к техническим средствам, на которых будет производиться анализ, должен быть ограничен во избежание утечки личных данных;
- программа должна быть модульной для возможности добавления новых факторов и удаления не актуальных на данный момент.

При разработке программного комплекса мы выбрали наиболее значимые факторы риска, влияющие на вероятность возникновения ОРВИ. Всего было выбрано восемь факторов риска:

- наличие или отсутствие вредных привычек (курение);
- регулярное занятие физическими упражнениями (более трех часов в неделю);
- частота обращений за медицинской помощью в течение года по поводу инфекционных заболеваний (более трех раз);
- соблюдение одного из элементов личной гигиены (мытьё рук перед приемом пищи);
- наличие или отсутствие стрессовых факторов;
- прибытие из эпидемиологически неблагоприятного региона (командировка, соревнования, отпуск) в течение предшествующих трех недель с учетом сроков инкубационного периода различных

острых респираторных вирусных заболеваний, а также других инфекционных заболеваний, передающихся воздушно-капельным путем;

– оценка телосложения (оценка индекса массы тела Кетле) ИМТ = вес (кг) / рост (м<sup>2</sup>) (нормальная величина колеблется в пределах 18,5–25 кг/м<sup>2</sup>);

– наличие или отсутствие хронических заболеваний.

Под фактором риска мы будем понимать факторы, которые сами по себе не являются причиной заболевания, но создают условия для ухудшения здоровья. Далее каждому фактору присваиваем определенный коэффициент влияния  $K_i$ .

Так как каждый выбранный нами фактор несет определенный характер своего влияния на вероятность развития острого респираторного вирусного заболевания, величины коэффициентов будут различаться. Степень влияния конкретного фактора берем из статистики Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации (далее – Росстат). Так, к примеру, до 60 % людей, которые чаще болеют простудными заболеваниями, не занимаются спортом – значат условно присваиваем фактору «занятие спортом» коэффициент  $60 / 10 = +6$  и при нерегулярном занятии спортом –6. Аналогично используя официальную статистику Росстата, присваиваем величины коэффициентов остальным выбранным нами факторам. При положительном влиянии фактора величина коэффициента будет отрицательная:  $-[K_i]$ . При отрицательном влиянии фактора величина коэффициента будет положительная:  $+[K_i]$ . Суммарная таблица факторов риска с величиной коэффициентов приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Величины коэффициентов факторов риска

Фактор риска	Величина коэффициента $[K_i]$	
	положительное влияние фактора	отрицательное влияние фактора
1. Наличие вредных привычек (курение более трех раз в неделю, в том числе электронных устройств)	Нет курения –2	Есть курение +2
2. Регулярные занятия физической активностью (не менее трех часов в неделю)	Есть физическая активность, три и более часов в неделю –6	Нет физической активности или она недостаточна (менее трех часов в неделю) +6
3. Частота обращений за медицинской помощью в течение года по поводу инфекционных заболеваний (более трех раз)	Менее трех обращений –4,6	Три и более обращения +4,6
4. Соблюдение одного из элементов личной гигиены (мытьё рук перед приемом пищи)	Мытьё рук перед каждым приемом пищи –3	Нет мытья рук перед каждым приемом пищи +3
5. Наличие стрессовых факторов	Нет стрессовых факторов –5	Есть хотя бы один стрессовый фактор +5
6. Прибытие из эпидемиологически неблагоприятного региона (командировка, соревнования, отпуск) в течение предшествующих трех недель	Нет факта прибытия –5	Есть факт прибытия +5
7. Индекс массы тела (индекс Кетле) ИМТ = вес (кг) / рост (м <sup>2</sup> )	ИМТ в пределах нормы –7	ИМТ ниже или выше нормы +7
8. Наличие хронических заболеваний	Нет хронических заболеваний –7,2	Есть хотя бы одно хроническое заболевание +7,2

После выбора наиболее значимых факторов и присваивания каждому фактору величины коэффициента мы загружаем в программный комплекс личные данные каждого участника коллектива, необходимые для оценки по каждому из факторов риска, а также фотопортрет для идентификации личности. Программный комплекс автоматически рассчитывает суммарный коэффициент риска  $K_{\Sigma}$  участника. Формула расчета (1)  $K_{\Sigma}$  представлена ниже:

$$\sum_{i=0}^8 K_i.$$

(1)

Далее программный комплекс интегрируется в систему, оснащенную камерой для распознавания личности и инфракрасным датчиком для бесконтактного измерения температуры тела. Погрешность определения температуры инфракрасной камерой — не более 0,1 градуса. Данный комплекс на основе сравнения с заранее загруженным фотопортретом идентифицирует личность участника, определяет температуру его тела и суммирует величину температуры тела с суммарным коэффициентом риска  $K_{\Sigma}$ . В итоге работы разработанного комплекса каждому присваивается ранг, рассчитанный по формуле (2), представленной ниже.

$$\text{Ранг участника} = K_{\Sigma} + \text{температура тела.} \quad (2)$$

Определение личности и вычисление ранга составляют не более трех секунд. Пропускная способность используемого нами комплекса составляет одновременно четыре человека. Данный комплекс может корректно работать с потоком 1,33 чел./сек.

Полученные данные позволяют нам ранжировать риск развития острого респираторного вирусного заболевания. Для удобства вычисления мы приняли допустимый диапазон измеряемой температуры тела от 35,0 до 40,0 °С. Исходя из этого, интервал рангов может колебаться от -4,8 до +80,8. Далее в нашем исследовании в течение недели мы проводим динамическое наблюдение за участниками коллектива и выявляем заболевших острыми респираторными вирусными заболеваниями. На последнем этапе мы определяем частоту данных заболеваний с определенным интервалом присвоенного ранга. Это позволит выявить корреляционную зависимость заболеваемости острыми респираторными вирусными заболеваниями от величины ранга.

Исследование проводилось на 126 военнослужащих, однородных по возрасту, полу, роду занятий. Коллектив выстраивался в строй (до четырех колонн) с сохранением социальной дистанции и с заданной скоростью проходило мимо аппарата с камерой и инфракрасным датчиком бесконтактного измерения температуры тела. В результате работы комплекса мы получили следующее распределение величин риска (таблица 2).

Таблица 2 — Распределение по величине ранга

Диапазон ранга	Количество участников в данном диапазоне, абс. (%)
0–19,9	37 (29,4%)
20,0–39,9	51 (40,5%)
40,0–59,9	26 (20,6%)
60,0–80,0	12 (9,5%)
Всего	126 (100%)

Исходя из представленных в таблице данных, мы видим, что значительная часть участников коллектива (40,5%) находится в диапазоне ранга от 20,0 до 39,9. Низкие значения ранга имеют 29,4% участников. Высокие значения ранга имеют 9,5% военнослужащих. Таким образом, на основании полученных данных мы получаем социально-физиологический портрет коллектива.

В ходе дальнейшего наблюдения в течение недели у 44 (34,9%) участников коллектива были выявлены признаки острых респираторных вирусных заболеваний и потребовалось амбулаторное или стационарное лечение. Распределение количества заболевших в зависимости от диапазона присвоенного ранга представлено в таблице 3.

Таблица 3 — Распределение количества заболевших в зависимости от диапазона присвоенного ранга

Диапазон ранга	Количество военнослужащих	Количество заболевших, абс.	% заболевших в каждом диапазоне
0–19,9	37	2	5,4
20,0–39,9	51	11	21,6
40,0–59,9	26	21	80,8
60,0–80,0	12	10	83,3
Всего	126	44	–

Анализ представленных данных (таблица 3) показал, что наибольшее число заболевших было в группах с высокими значениями ранга, рассчитанного на основании социально-физиологических

рисков и измеренной температуры тела. Исходя из этого, можно сделать вывод, что люди с высокими показателями ранга имеют высокий риск развития острых респираторных вирусных заболеваний.

Разработанный программный комплекс позволяет автоматизированно и с большой скоростью выявлять военнослужащих с высокой степенью риска развития острых респираторных вирусных заболеваний на основе ранжирования социально-физиологических факторов и прогнозировать напряженность эпидемиологической обстановки. На основании полученных данных можно составить социально-физиологический портрет коллектива с целью своевременного принятия мер для уменьшения заболеваемости.

## Литература

1. Developmental trajectories of early life stress and trauma: a narrative review on neurobiological aspects beyond stress system dysregulation / A. Agorastos [et al.] // *Front. Psychiatry*. — 2019. — Vol. 10. — P. 118.

2. *Armstrong, N.* Muscle metabolism changes with age and maturation: How do they relate to youth sport performance? / N. Armstrong, A. R. Barker, A. M. McManus // *Br. J. Sports Med.* — 2015. — Vol. 49, № 13. — P. 860–864.

3. *Bhargava, D.* A study of causes of stress and stress management among youth / D. Bhargava, H. Trivedi // *IRA-International Journal of Management & Social Sciences*. — 2018. — Vol. 11, № 3. — P. 108–117.

4. The association of physical activity with depression and stress among post-secondary school students: A systematic review / S. Dogra [et al.] // *Mental Health and Physical Activity*. — 2018. — Vol. 14. — P. 146–156.

Поступила 08.08.2023

## ПРОБЛЕМЫ В ИЗУЧЕНИИ МИКРОПЛАСТИКА В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ КАК ФАКТОРА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

*Ширяева М. А., shiryayeva.ma@fncg.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Мировое производство пластмассовых изделий постоянно растет, поскольку эти материалы присутствуют во всех сферах нашей жизни. Без использования пластмасс немалый нынешний уровень жизни и удобства, т. е. экономия личного ежедневного времени. Пластики действительно способствуют улучшению качества нашей жизни в различных областях (например, медицинские принадлежности, инфраструктурные трубопроводные системы), однако во многих случаях необходимость их широкого использования и наши потребительские привычки являются немалыми (например, одноразовая упаковка) [1].

Для проведения детального анализа риска необходимо оценить нагрузку микропластика в различных экологических средах. Это особенно сложно, так как микропластик — не четко описанный материал, а загрязнители с широким диапазоном определенных параметров (например, размер, форма, тип и плотность полимера). По всему миру сообщалось об их появлении из поверхностных вод, отложений и биоты, но информация об их присутствии в пресноводной среде ограничена.

Актуальность исследований по микропластику состоит и в вопросе важности внедрения единых международных нормативов и стандартов по воздействию, риску воздействия микропластика на живые организмы и здоровье населения.

В настоящее время все большую обеспокоенность мирового сообщества вызывает загрязнение водных объектов пластиковыми отходами. Так, в настоящее время в рамках Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) в процессе разработки и согласования на межправительственном уровне находится Международное юридически обязательное соглашение по борьбе с загрязнением пластмассами, в том числе в морской среде. С 29 мая по 2 июня 2023 г. прошла 2-я сессия Межправительственного переговорного комитета для подготовки международного юридически обязательного документа о прекращении загрязнения окружающей среды пластиком. В работе сессии Межправительственного переговорного комитета активное участие приняли представители федеральных

органов исполнительной власти Российской Федерации (далее — РФ), а именно МИД РФ, Минприроды РФ, Роспотребнадзора, Росприроднадзора, а также представители Российской академии наук и ППК «Российский экологический оператор» [2]. Программой ООН предусмотрен вопрос по разработке мер снижения микропластикового загрязнения. Согласно ООН, для предотвращения дальнейшего загрязнения водных объектов и снижения риска для здоровья требуются комплексные меры. Необходимо разработать строгие нормативы и законы, регулирующие использование пластиковых материалов и обеспечивающие их переработку. Также важно проводить образовательную работу среди населения, чтобы повысить осведомленность о проблеме и популяризировать использование экологически более безопасных альтернатив пластику. Кроме того, необходимо исследовать и внедрять новые методы очистки водных объектов от микропластика, а также разрабатывать и использовать биоразлагаемые пластиковые материалы.

Микропластиковые частицы могут представлять опасность для водной среды из-за их повсеместного распространения в пресноводных и морских системах. Кроме того, благодаря схожести с планктоном размеру микропластик легко поглощается водными организмами разных трофических уровней. Таким образом, они могут накапливаться на более высоких трофических уровнях, попадать в пищевую цепь и представлять потенциальный риск для здоровья человека. Среди пагубных эффектов, которые микропластики могут оказывать на водные виды, — нейротоксичность и изменение поведения, гистопатологические повреждения, биохимические и гематологические изменения, эмбриотоксичность [2].

Цель исследования состояла в изучении наличия проблем в оценке негативного воздействия частиц микропластика, присутствующих в водной среде, на здоровье человека.

Объект исследования — микропластик в водных объектах и источниках питьевого водоснабжения. Для поиска статей, посвященных микропластику в водных экосистемах и его токсическому действию, был проведен обширный обзор литературы с использованием баз данных Scopus, ScienceDirect, Springer, Wiley, ACS и Google Scholar, e-library, Cyberleninka, Elsevier, Российская государственная библиотека. Неопубликованные исследования (такие, как диссертации, материалы конференций, главы книг или отчеты) не включались.

В одном из исследований утверждается, что биоаккумуляция микропластика в водной биоте рассматривается как потенциальная угроза организмам более высоких трофических уровней. Поскольку человек находится на вершине пищевой (трофической) цепи, существует вероятность того, что пластиковое загрязнение будет оказывать неблагоприятное влияние на здоровье человека.

Из пищевых продуктов наибольшую опасность представляют морепродукты, при регулярном потреблении которых, по данным исследования, в организм человека может поступать до 11 000 частиц микропластика в год.

Значительным источником поступления микропластика в организм человека может быть питьевая вода. Установлено, что употребление бутилированной воды способствует поступлению в организм до 90 000 частиц в год, при использовании водопроводной воды — до 4000 частиц. Доказано, что процесс миграции микропластика и токсичных продуктов из упаковки увеличивается при нарушении сроков и температурного режима хранения, а также при использовании пластиковой тары с механическими повреждениями стенок. Данных о влиянии микропластика на водную среду и биоту в Российской Федерации недостаточно или отсутствуют. Однако сведения найдены в зарубежных источниках, согласно которым можно сказать, что отмечено нарушение репродуктивного и пищевого поведения, связанное с микропластиком. Физические особенности микропластика включают размер, форму, поверхность, а также способность адсорбировать химические загрязнители и патогены в пищевой цепи.

Исследование Юэ Ли показало, что среднее количество микропластика в обычных источниках воды составило  $2,2 \times 10^3$  шт./м<sup>-3</sup>, причем их размер обычно превышает 50 мкм. Такие крупные частицы микропластика могут обеспечивать достаточную площадь поверхности для роста биопленки. Несмотря на ограниченность данных, существует потенциальная экологическая угроза, которую представляют собой эти пластины в водопроводной воде, включая передачу патогенных организмов и устойчивость к антибиотикам. Кроме того, компоненты биопленок, ассоциированных с микропластиком, могут отделяться от частиц микропластика и превращаться в свободноживущие бактерии в воде, что может повысить риск распространения заболеваний, передающихся водным путем, в питьевой воде, особенно в условиях, когда вода потребляется неочищенной или частично очищенной. В отличие от этого, представления о воздействии микропластика меньшего размера и удалении микрочастиц из источников питьевого водоснабжения остаются ограниченными. Особенно это касается микропластика размером менее 10 мкм. Эти частицы с большей вероятностью могут пройти через технологию очистки и, следовательно, попасть в водопроводную воду, представляя потенци-

альную опасность для организма человека. Органический углерод, выщелачиваемый из микропластиковых частиц в водоочистные станции, может оказывать кумулятивное воздействие на экологию и круговорот углерода в водоочистные станции. Дальнейшее изучение изменения химических параметров качества воды, образования побочного продукта обеззараживания и влияния устойчивых микропластиков на микроорганизмы требует дальнейших исследований. Кроме того, в связи с изменением климата и ростом численности населения во всем мире возрастает значение альтернативных систем водоснабжения, которые оказывают все большее давление на наши запасы воды. Угрозы, связанные с микропластиком в альтернативных системах водоснабжения, также должны быть рассмотрены с учетом источников воды и процессов очистки в будущем [3].

Было обнаружено, что микропластик вызывает воспаление, непроходимость и накопление в органах человека. Исследования также показали, что воздействие микропластика может вызывать окислительный стресс, цитотоксичность и транслокацию в другие ткани [4].

После попадания в организм микропластик может транслоцироваться в отдаленные ткани через кровеносную систему. По имеющимся данным, попадание микропластика в кровеносную систему вызывает системную воспалительную реакцию, цитотоксичность клеток крови за счет интернализации, воспаление сосудов, их закупорку и легочную гипертензию. Испытания *in vitro* показали, что воздействие микропластика ( $\leq 243$  мкм) может приводить к агрегированию и адгезии эритроцитов к эндотелиальной ткани. Микропластик размером 20–200 мкм усиливает гемолиз и приводит к высвобождению гистамина — провоспалительного химического вещества. Повышение проницаемости эпителия вследствие воспаления является наиболее заметным механизмом транслокации микропластика [5].

Однако проводились исследования *in vitro*, которые показали, что клетки почечного эпителия человека при воздействии микропластика (44 мкм) усваивали его без очистки даже через 90 мин [5]. Из этого следует отметить, что данные по оценке воздействия микропластика на организм человека не дают сделать однозначного вывода.

Очевидно, что опасность микропластика для здоровья требует дальнейшего изучения, включая проведение токсикологических испытаний не только на основе экологически значимых концентраций, но и на основе индивидуальных свойств. Данный анализ показал, что человек подвергается воздействию микропластика при пероральном контакте, и для устранения проблем в достоверности полученных данных о негативном воздействии микропластика на организм человека требуются систематические исследования и измерения кумулятивного воздействия.

Оценка качества данных, полученных в ходе исследований, показала, что сорок шесть из пятидесяти публикаций о микропластике в пресных водоемах и питьевой воде не отвечают высоким стандартам обеспечения качества и считаются неполными или недостоверными по различным аспектам, касающимся контроля, методов отбора проб, обработки и анализа. Это свидетельствует о наличии множества неопределенностей, связанных с количественным определением микропластика в воде и, как следствие, в других источниках. Кроме того, существует ограниченное число исследований, в которых собирались и сообщались как количество и масса микропластика, так и информация о его гранулометрическом составе. Поэтому для оценки среднемирового уровня поступления микропластика в организм с использованием допущений и экстраполяции, включая равномерное распределение частиц по размерам 0–1 мм, были определены среднее количество частиц микропластика и средняя масса отдельных частиц микропластика для различных категорий.

Таким образом, несмотря на большое количество научной литературы, статей, исследований по микропластику, в ходе анализа были выявлены существенные ограничения и проблемы, связанные с нехваткой данных, различными метриками отчетности, неопределенностью, различиями в методах идентификации и аналитических задачах, стоящих перед авторами, а также разнообразием экспериментальных условий. Следует признать, что с каждым допущением и экстраполяцией увеличивается уровень неопределенности, который может быть снижен только при проведении дополнительных исследований. Рекомендуется использовать байесовский подход для обновления предварительной оценки попадания микропластика в организм. Конкретные рекомендации по дальнейшим направлениям включают:

- 1) стандартизацию аналитических методов и основных параметров микропластика, которые необходимо собирать в ходе исследований микропластика (например, размер, форма, полимер, количество частиц, масса частиц, распределение частиц по размерам) для более точного стандартизированного определения этих параметров (например, размер микроволокон может быть определен таким образом, что 25 % материала по массе превышает определенный размер). Стандартизированная количественная оценка и характеристика отбора проб, анализа и отчетности позволит создать изначально более надежный набор данных;



2) изучение влияния предикторных переменных на средний показатель количества поглощенного микропластика. Рассмотрение различных комбинаций и перестановок предикторных переменных для определения неблагоприятного воздействия микропластика на здоровье человека;

3) получение дополнительных подробных данных по группам продуктов питания, потребляемых ежедневно (основные продукты питания), включая воду, молоко, рис, пшеницу, кукурузу, хлеб, макаронные изделия, масла, мясо и т. д.;

4) изучение технологий уменьшения и/или удаления микропластика из основных продуктов питания с высоким среднемировым уровнем поступления микропластика в организм с целью снижения экспозиции с учетом эффектов биоаккумуляции микропластика в природной среде и поглощения микропластика растениями, организмами, а также переноса ветром;

5) установление географических, санитарно-эпидемиологических и демографических закономерностей потребления микропластика в зависимости от наличия, доступности и эпидемиологической приемлемости различных предметов потребления;

6) оценку степени миграции/переноса микропластика через пищевую сеть по сравнению с переносом по другим путям с помощью баланса массы;

7) изучение взаимодействия микропластика и других загрязняющих веществ, его судьбы, переноса и воздействия на организм человека;

8) определение порога токсичности микропластика, попавшего в организм, с точки зрения физических характеристик микропластика, таких как размер, масса, полимер и форма;

9) определение степени миграции микропластика из посуды и упаковки в продукты питания. Оценка скорости проглатывания пластика (особенно детьми).

## Литература

1. Geyer, R. Production, use, and fate of all plastics ever made / R. Geyer, J. R. Jambeck, K. L. Law // *Science advances*. — 2017. — Vol. 3, № 7. — P. e1700782.

2. Microplastics in fish and fishery products and risks for human health: A review / L. Alberghini [et al.] // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. — 2022. — Vol. 20, № 1. — P. 789.

3. Микропластик в воде — новый фактор риска здоровью / О. О. Синицына [и др.] // *Анализ риска здоровью-2023. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2023: материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием: в 2 т. / под ред. А. Ю. Поповой, Н. В. Зайцевой.* — Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. — Т. 1. — С. 32–38.

4. Occurrence, removal and potential threats associated with microplastics in drinking water sources / Y. Li [et al.] // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. — 2020. — Vol. 8, № 6. — P. 104527.

5. Potential human health risks due to environmental exposure to nano- and microplastics and knowledge gaps: a scoping review / A. Rahman [et al.] // *Science of the Total Environment*. — 2021. — Vol. 757. — P. 143872.

Поступила 22.09.2023

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМАРТФОНОВ МЕДИЦИНСКИМИ РАБОТНИКАМИ КАК ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

Янковская Н. Г., [yankovskaya.nata@tut.by](mailto:yankovskaya.nata@tut.by),  
Колёда А. Г., к. б. н., [romanuk88@rambler.ru](mailto:romanuk88@rambler.ru)

Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», г. Минск, Республика Беларусь

В современном мире жизнь многих людей управляется смартфонами, планшетами, компьютерами и умными часами. Эти электронные устройства помогают нам работать, играть, заниматься спортом, контролировать наш дом и общаться. Люди всех возрастов и культур зависят от своих «технических игрушек». Новейшие устройства настолько совершенны, что больше похожи на портативные компьютеры. Соответственно, многие люди тратят значительное количество времени на использование смартфонов: не только для телефонных звонков, но и для повседневных действий

[1]. Удобства, доставляемые смартфонами, очевидны, но именно они порождают у многих пристрастие к чрезмерному пользованию этим устройством, известное как «номофобия» или зависимость от смартфона. Пользователи, чье внимание постоянно приковано к смартфону, не могут полноценно учиться, вдумчиво и продуктивно выполнять работу, налаживать отношения с окружающими и в целом жить полноценной жизнью. Многочисленные исследования показывают, что зависимость от смартфона оказывает пагубное воздействие на многие важные аспекты жизни (работу, учебу, общение, взаимоотношения в семье, физическую активность, сон и др.) [2]. Важно отметить, что зависимость от смартфонов в связи с усовершенствованием и удешевлением технологий и, соответственно, растущей их доступностью будет только увеличиваться [3]. Поэтому изучение гигиенических аспектов использования смартфонов на современном этапе является актуальным.

Целью данного исследования явилось изучить проблемы использования смартфонов медицинскими работниками на примере слушателей кафедры гигиены и медицинской экологии ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования» (далее — БелМАПО). В работе рассмотрены аспекты влияния смартфонов на разные сферы жизни, а также непосредственно на органы зрения, опорно-двигательный аппарат и психоэмоциональное состояние респондентов.

Для достижения поставленной цели в период с апреля 2022 г. по июнь 2023 г. с помощью опросника «Шкала зависимости от смартфона» [2] было проведено анонимное анкетирование 381 слушателя кафедры гигиены и медицинской экологии БелМАПО (81 мужчина и 300 женщин). Обработка результатов исследования проводилась с помощью пакета статистических программ Microsoft Excel. Для описания центральной тенденции использованы медиана и межквартильный интервал (Me [q25; q75]). Для оценки взаимосвязи между признаками использовался коэффициент ранговой корреляции Фехнера (Кф).

Средний возраст опрошенных составил для мужчин 42 [33; 54] года, для женщин — 41 [33; 50] год. При этом 42 опрошенных имели среднее специальное образование, 339 — высшее. Лишь 1 опрошенный (0,26 %) ответил «отрицательно» на вопрос о том, использует ли он смартфон.

Смартфон — это телефонный аппарат, дополненный характеристиками и возможностями персонального компьютера. Ключевым отличием смартфона от обычного мобильного телефона является наличие встроенной операционной системы, которая позволяет осуществлять установку программ и приложений через интернет, многократно расширяющих функционал гаджета (навигация, мессенджеры, Wi-Fi, разнообразные обучающие, информационные, рабочие и иные приложения).

В Республике Беларусь мобильные телефоны появились около 20 лет назад. При этом первые смартфоны пришли на наш рынок около 10 лет назад. Согласно полученным нами данным, наибольшее число опрошенных имеют стаж пользования смартфоном 6–7 лет и более (88,3 %); 7,7 % пользуются им от 4 до 5 лет; 2,4 % — от 2 до 3 лет; 1,1 % — 1 год и менее; 0,5 % — от 5 до 7 лет.

Среди трудностей, вызванных использованием смартфона, 19,5 % респондентов отметили сложности в выполнении запланированной работы, 20,3 % — трудности с концентрацией внимания при выполнении поставленных задач, 37,9 % теряют счет времени при прокрутке информации на смартфоне, а 33,4 % отмечают чувство усталости из-за чрезмерного использования смартфона.

Треть респондентов (31,3 %) используют мобильные телефоны в качестве «оболочки безопасности» (к примеру, чтобы заполнить неловкую паузу в разговоре или при контакте с незнакомыми людьми) и чувствуют дискомфорт, нетерпение, раздражение, если забыли смартфон дома либо не имеют доступа к нему (32,1 %). Каждый пятый (20,8 %) не представляет свой поход в санитарную комнату без гаджета в руках. Около 14 % опрошенных отметили, что смотрят на жизнь с точки зрения социальных сетей, а 43,7 % начинают свой день с просмотра новостей и обновлений в социальных сетях. Десятая часть респондентов стремится ответить на все вопросы и комментарии к их высказываниям в социальных сетях. Четверть опрошенных (24,7 %) отметили, что не могут контролировать время личного использования смартфона, при этом 33,2 % респондентов хотят сократить время его использования, но у них, как правило, ничего не получается. У 37,4 % вызывает негативные эмоции низкий заряд батареи, а 16,2 % слушателей ощущают фантомные (ложные) звонки или вибрации смартфона. В 34,0 % случаев были отмечены случаи возникновения конфликтов в семьях на фоне чрезмерного злоупотребления гаджетами членами семьи вследствие ущерба живому общению.

Касаемо влияния смартфона на орган зрения, необходимо отметить, что просмотр информации с цифрового экрана отличается от чтения текста с распечатанной страницы. Зачастую буквы на смартфоне не столь точны или четко определены, уровень контрастности букв к фону умень-

шается, а наличие бликов и отражений на экране может затруднить просмотр. Расстояние и углы обзора, используемые для этого типа работы, также часто отличаются от тех, которые обычно используются для чтения или письма. В результате возрастают требования к фокусировке и движению глаз для просмотра контента на цифровом экране. Кроме того, наличие даже незначительных проблем со зрением может существенно повлиять на комфорт применения устройств с цифровым экраном. В связи с этим появилось понятие «цифровой глаз» (digital eye), которое описывают как физический дискомфорт, ощущаемый после времяпрепровождения перед мониторами и экранами.

Кроме того, синий свет (коротковолновое видимое излучение), источником которого является в том числе и экран смартфона, повреждает сетчатку глаза. Фотохимическое повреждение сетчатки связано с липофусцином — фототоксичным пигментом старости, который из-за избирательного поглощения синего света в полосе 440–460 нм генерирует свободные радикалы, воздействующие на пигментный эпителий сетчатки. Токсичные гранулы липофусцина постоянно и необратимо накапливаются в клетках пигментного эпителия сетчатки и способствуют ее дегенеративным изменениям. Таким образом, постоянное воздействие на глаз синего света экранов смартфона способствует многократному ускорению повреждения сетчатки [1].

В рамках нашего исследования неприятные ощущения со стороны органов зрения после длительного использования смартфона отмечали у себя 43,9% опрошенных. Среди наиболее часто встречающихся жалоб респонденты выделили нечеткость зрения (39,6%), сухость (26,0%) и резь в глазах (20,1%), слезотечение (12,4%). Незначительное количество респондентов (2,4%) отметило ухудшение зрения, боль и напряжение в глазах. Следует отметить, что в 10,1% случаев резь сочеталась с сухостью глаз, в 8,9% — с нечеткостью зрения, в 4,1% случаев нечеткость зрения сочеталась со слезотечением. Кроме того, обращает на себя внимание тот факт, что 35,9% слушателей часто используют одновременно несколько источников синего света, то есть смотрят одновременно (попеременно) в компьютер и смартфон либо телевизор и смартфон.

Постоянное использование смартфона может также вызывать неприятные симптомы со стороны опорно-двигательного аппарата. В большинстве случаев использование смартфона обычно происходит при нахождении его ниже уровня глаз, в положении сгибания шеи. Экран меньшего размера требует от пользователя сгибать шею больше, чем большой монитор, поэтому в результате регулярного использования смартфона может развиваться затылочная невралгия [1]. А привычное использование смартфона одной рукой вызывает патологические процессы в области плеча и большого пальца кисти: частое повторяющееся или статичное использование движений запястья и большого пальца во время использования смартфона увеличивает нагрузку на суставы кисти, повышает давление в запястном канале, приводит к травматизации срединного нерва и сухожилий [4].

Так, около четверти опрошенных нами респондентов (24,6%) отмечают наличие субъективных неприятных ощущений со стороны опорно-двигательного аппарата после длительного использования смартфона. В большинстве случаев (35,1%) они связаны с болью в шее и неприятными ощущениями в кистях рук, пальцах. Боли в спине и скованность позвоночника беспокоят, соответственно, 14,9% и 10,6% опрошенных. При этом 41,1% опрошенных признают, что чрезмерное использование смартфона и увлечение социальными сетями способствуют снижению количества времени, которое они затрачивают на ежедневную физическую активность.

Важно отметить, что личный стаж использования смартфонов в группе респондентов, испытывающих дискомфорт и напряжение со стороны органов зрения или опорно-двигательного аппарата, составляет в большинстве случаев 6–7 лет (89,3 и 89,4% соответственно) при отсутствии корреляционной связи между этими признаками ( $K_{\phi} = -0,11$  и  $K_{\phi} = -0,50$  соответственно). Кроме того, 16,8% опрошенных испытывают неприятные ощущения как со стороны органов зрения, так и со стороны опорно-двигательного аппарата.

Четверть опрошенных (25,4%) читают статьи из интернета или играют в игры на смартфоне во время ходьбы, еды, половина — во время езды на общественном транспорте (51,1%), а 19,9% отвлекаются на телефон, находясь за рулем автомобиля.

Ложатся спать позже и, как следствие, недополучают нужное количество сна, 59,2% респондентов, а 27,0% считают себя зависимыми от смартфонов.

Таким образом, по результатам нашего исследования можно сделать вывод, что появление на рынке доступных смартфонов влияет не только на определенные органы и системы организма пользователя, но и затрагивает психоэмоциональную составляющую, влияя на разные сферы жизни. Даже среди медицинских работников отмечаются признаки зависимости от смартфона с наличием тех или иных жалоб на состояние здоровья.

Можно отметить, что повсеместное использование и возрастающая зависимость от смартфонов требуют более углубленного изучения влияния на здоровье человека факторов, связанных с использованием гаджетов, включая влияние на орган зрения, опорно-двигательный аппарат, а также на психоэмоциональное состояние пользователя, в том числе с применением клинических методов исследования.

### Литература

1. *Бездетко, П. А.* Смартфон «наизнанку» / П. А. Бездетко // Офтальмология. Восточная Европа. — 2021. — Т. 11, № 1. — С. 87–98.
2. *Шейнов, В. П.* Взаимосвязи зависимости от смартфона с психологическими и социально-психологическими характеристиками личности: обзор зарубежных исследований / В. П. Шейнов // Вестн. РУДН. Серия: Психология и педагогика. — 2021. — Т. 18, № 1. — С. 235–253.
3. Association between Exposure to Smartphones and Ocular Health in Adolescents / J. Kim [et al.] // Ophthalmic Epidemiol. — 2016. — Vol. 23, № 4. — P. 269–276.
4. *Рысев, Ю. Л.* Биомеханика нарушений опорно-двигательного аппарата у пользователей смартфонов / Ю. Л. Рысев, А. Д. Афонина // Бюллетень инновационных технологий. — 2023. — Т. 7, № 2(26). — С. 67–70.

Поступила 22.09.2023

## Раздел 1

# ФАКТОРЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ. ТЕЗИСЫ

### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ВЫХОДЕ ИЗ ВОДООЧИСТНЫХ СТАНЦИЙ И ПРИ ПОДАЧЕ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНУЮ СЕТЬ

*Васильева И. В., к. м. н., доцент,  
Данилова В. В., wika-77@bk.ru,  
Щерба Е. В., к. м. н., доцент*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

Обеспечение населения питьевой водой гарантированного качества и в достаточном количестве является одним из приоритетных направлений социально-экономического развития Российской Федерации. В современных условиях загрязнение как поверхностных, так и подземных источников для централизованного водоснабжения остается актуальным для всех регионов страны, существенно влияя на качественный состав питьевой воды.

Использовались протоколы исследований проб воды Испытательного лабораторного центра Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии по г. Санкт-Петербургу» в период 2018–2020 гг. в четырех районах мегаполиса (Приморском — 339 проб, Петроградском — 184, Курортном — 340 и Кронштадте — 144, всего было проанализировано 1007 проб).

Статистические данные обрабатывались с помощью пакета прикладных программ Statistica.

При оценке качества воды на выходе с водоочистой станции в Кронштадтском и Курортном районах были зарегистрированы пробы с превышением значений ПДК с положительной динамикой в период 2018–2020 гг., а в Приморском районе превышений не было. В 2018 г. наблюдались превышения по: ОКБ, ХПК, энтерококки, *E. coli*, железо общее, марганец, мутность, окисляемость перманганатная и цветность; в 2019 г.: железо общее, марганец, мутность, фтор и цветность; в 2020 г.: железо общее, марганец, мутность и цветность. При сравнении выборок между значениями показателей качества воды на выходе из водоочистой станции различных районов г. Санкт-Петербурга были найдены достоверные различия по следующим показателям: железо, марганец, мутность, ОКБ, окисляемость перманганатная, цветность. Статистически достоверные различия по всем изученным показателям относительно других районов наблюдались в Курортном районе мегаполиса в 2018 г. Кроме того, внутри данного района выявлены отличия за весь изучаемый период. Кронштадт же, напротив, достоверно значимых различий в период с 2018 по 2020 г. не показал.

При определении факторов, влияющих на качество питьевой воды при выходе из водоочистных станций, основной вклад принадлежал сбросу неочищенных или недостаточно очищенных стоков в водоемы; несанкционированным свалкам снега от уборки улично-дорожной сети города; свалкам твердых бытовых отходов на прибрежных территориях водоемов.

Оценка качества питьевой воды при подаче в распределительную сеть в четырех районах Санкт-Петербурга выявила превышение допустимых значений по следующим показателям (2018–2019 гг.): железо общее, мутность, окисляемость перманганатная и цветность. В 2020 г.: железо общее, мутность и цветность. По общему количеству превышений по показателям распределительная сеть уступает выходу со станций, однако общее количество превышений остается на достаточно высоком уровне. Достоверные различия между значениями показателей воды при подаче в сеть определены по следующим показателям: водородный показатель, железо, жесткость, минерализация воды, окисляемость перманганатная, сульфаты, фтор и цветность. При определении факторов, оказывающих влияние на качество питьевой воды при подаче в распределительную сеть, было установлено, что большинство проб питьевой воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по исследуемым показателям на ближайших точках подачи в распределительную сеть относительно расположения

водоочистных станций, имели меньше несоответствий. Это может свидетельствовать о приоритетном загрязнении питьевой воды в процессе ее транспортировки в связи с удаленностью от выхода со станции, преимущественно во внутриквартальных и внутридомовых сетях и локальных участках загрязнения в результате изношенности водопроводных сетей.

Таким образом, проблема питьевого водоснабжения является чрезвычайно актуальной, а обеспечение населения доброкачественной водой — одной из главных составляющих качества жизни населения.

На всех этапах питьевая вода подвергается антропогенному и техногенному воздействию. Общее санитарное состояние водоемов, очистных сооружений и водопроводов за последнее время улучшилось, однако, согласно данным социально-гигиенического мониторинга, все еще наблюдается достаточное количество превышений ПДК по ряду показателей.

Поступила 20.09.2023

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОЦЕНКИ НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ**

*Гриценко Т. Д., к. б. н., risk.factors@rspch.by,  
Соколов С. М., д. м. н., професор, risk.factors@rspch.by,  
Пшегрода А. Е., risk.factors@rspch.by,  
Соловьев В. В., risk.factors@rspch.by,  
Карпук Л. И., risk.factors@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Оценка воздействия на здоровье населения неблагоприятных факторов окружающей среды осуществляется прежде всего путем сопоставления уровня загрязнения среды обитания человека с гигиеническими нормативами. В данном случае риск для здоровья определяется как вероятность развития угрозы жизни или здоровью человека, обусловленная воздействием факторов среды обитания, и выражается в виде математической вероятности развития определенного неблагоприятного эффекта («индивидуальный риск»), ожидаемого числа случаев развития соответствующих эффектов среди населения или его части («популяционный риск»). Метод количественной оценки популяционного неканцерогенного риска здоровью населения при различной степени загрязнения атмосферного воздуха был разработан в рамках выполнения задания 01.06. «Обосновать метод количественной оценки неканцерогенного риска здоровью населения в условиях многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха населенных мест» подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 годы, и включен в Инструкцию по применению № 030-1221 от 11.05.2022.

Целью описываемого исследования, проведенного в рамках практического применения элементов вышеуказанного метода, являлось проведение сравнительного анализа гигиенических оценок популяционного неканцерогенного риска здоровью населения, проживающего на территориях с различной степенью загрязнения.

В данном исследовании объектами являлись 2 предприятия с различными видами деятельности:

— предприятие теплоэнергетической промышленности (производственная площадка 1), специализирующееся на выработке и обеспечении потребностей в отоплении, технологическом паре, горячем водоснабжении и электроэнергии населения и промышленных предприятий;

— предприятие по консервированию древесины пропиткой (производственная площадка 2), основным видом деятельности которого являются производство тары деревянной и распиловка, строгание и пропитка древесины.

Вышеуказанные объекты отличаются не только по видам деятельности, но и по величине выбросов загрязняющих веществ, рассеивание которых было проведено при максимальной загрузке технологического оборудования и одновременном функционировании всех производственных процессов, задействованных на промышленных площадках предприятий. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух объекта 1 значительно превышают таковые в сравнении с объектом 2.

Согласно полученным результатам расчетов, комплексный индекс загрязнения атмосферного воздуха комплексом приоритетных загрязняющих веществ, входящих в состав выбросов объекта 1 (с учетом фоновых концентраций), оценивается как «низкий» в расчетных точках на территории (границе) жилой застройки (с показателем КИЗА = 1,67) и в расчетных точках на границе проектируемой санитарно-защитной зоны (с показателем КИЗА = 1,714); от воздействия объекта 2 (с учетом фоновых концентраций) также оценивается как «низкий» в расчетных точках на территории (границе) жилой застройки (с показателем КИЗА = 1,30) и в расчетных точках на границе проектируемой санитарно-защитной зоны (с показателем КИЗА = 2,77).

Степень загрязнения атмосферного воздуха комплексом веществ, входящих в состав выбросов объектов 1 и 2 (с учетом фоновых концентраций), в расчетных точках на территории жилой застройки и границе расчетной санитарно-защитной зоны характеризуется как «допустимая (I)».

Оценка риска развития неканцерогенных эффектов проводилась на основе расчета следующих показателей: потенциального риска немедленного (рефлекторного) действия и потенциального риска длительного (хронического) воздействия.

При расчете потенциального риска немедленного (рефлекторного) действия в качестве эффекта оценивался не только риск появления заболевания, но и вероятность появления рефлекторных реакций (ощущение раздражения, неприятного запаха и пр.) или эффектов психологического дискомфорта, что также расценивается как нарушение здоровья.

В основу модели расчета потенциального риска длительного (хронического) воздействия положена модель воздействия, в которой норматив (ПДК) рассматривался как определенный компромисс, связанный с приемлемым риском, когда для большинства людей отсутствует видимая или скрытая опасность для здоровья.

Согласно результатам расчетов, потенциальные неканцерогенные риски здоровью оценивались как «приемлемые» (менее  $1 \times 10^{-6}$ ) на границе жилых территорий в зонах влияния источников объектов 1 и 2.

В соответствии с Приложением 3 к Инструкции по применению № 030-1221 при «приемлемых» уровнях неканцерогенного риска и «допустимой» степени загрязнения атмосферного воздуха уровень популяционного здоровья соответствует степени «Адаптация / Компенсация / Резистентность» с сохранением фонового уровня заболеваемости населения. Данная степень градации популяционного здоровья оказалась характерной для обеих исследуемых территорий.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что формирование риска здоровью от воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе зависит не только от объема выбросов источниками, но и от ряда других параметров — условий рассеивания, включая климатические, спектра загрязнителей и их токсикологических характеристик, типа источников и др. Также можно сделать вывод о том, что данный метод применим для сравнительного анализа объектов с различными видами деятельности и удачно сочетает в себе способность комплексно учитывать медицинские, природоохранные, социальные и экономические проблемы регионов.

Поступила 21.11.2023

## **КОНТАМИНАЦИЯ *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЙ РАЗНЫХ КЛАССОВ ЧИСТОТЫ В ОРГАНИЗАЦИЯХ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ**

*Жабровская А. И., zh\_anastasia\_92@mail.ru,  
Дудчик Н. В., д. б. н., профессор, n\_dudchik@mail.ru,  
Емельянова О. А., к. б. н., lee616@mail.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Стафилококки являются одной из основных групп микроорганизмов в структуре возбудителей, ответственных за внутрибольничные инфекции. Стабильная положительная динамика количества заболеваний, в этиологии которых принимают участие стафилококки, может объясняться уменьшением активности антибактериальных препаратов по отношению к микроорганизмам и изменением свойств возбудителей, ослаблением иммунитета макроорганизма в условиях техногенного прессинга, в том числе с хронизацией болезни. Циркуляция условно-патогенной микробиоты в воздушной

среде обуславливает связанный с этим феноменом потенциальный риск здоровью медицинского персонала и пациентов.

Апробация метода качественного выявления в воздушной среде помещений разных классов чистоты в организациях здравоохранения была выполнена в ходе мониторинга 2021–2023 гг.

Испытания проводились в лаборатории микробиологии республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены». Объектами исследования были образцы воздушной среды помещений организаций здравоохранения г. Минска 1–4 классов чистоты.

Отбор проб воздуха для определения *Staphylococcus aureus* в 1 м<sup>3</sup> в помещениях разных классов чистоты организаций здравоохранения проводился аспирационным способом пробоотборником воздуха SAS SUPER 100 (PBI International, Италия). Пробы воздуха отбирались до начала и во время работы персонала. Количество отбираемого воздуха в одной контрольной точке (одна проба воздуха) составляло по 500 л на две чашки Петри аспирационным способом. Для получения дополнительной информации использовали седиментационный способ. Данный способ фактически является качественным, так как полученные с его помощью результаты не могли быть использованы при расчете количества *Staphylococcus aureus* в единице объема воздуха помещения. Всего было исследовано более 50 проб воздуха.

В соответствии с гигиеническим нормативом в ходе испытания выявляли наличие бактерий в 1 м<sup>3</sup>.

Была проведена видовая идентификация изолятов, выделенных в ходе мониторинга. Установлено, что данные микроорганизмы относились к видам. Штаммы *Staphylococcus aureus* в воздушной среде помещений различных классов чистоты не были выявлены до начала и во время работы персонала ни в одной из исследованных проб.

Таким образом, инструментальный метод оценки воздушной среды помещений разных классов чистоты в организациях здравоохранения, включающий отбор проб и качественное выявление, позволил выявить микробную контаминацию и определить ее видовой состав.

Поступила 06.09.2023

## **ПРОГНОЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ТУБЕРКУЛЕЗОМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ НА БЛИЖАЙШИЕ ГОДЫ**

*Калечиц О. М., к. м. н., доцент, niipulm@tut.by,*

*Глинская Т. Н., к. м. н., доцент, glinsky@tut.by,*

*Климук Д. А., dzklm99@yahoo.com,*

*Бобрукевич Е. Л., bobrukevich237@gmail.com,*

*Белько А. Ф., niipulm@tut.by*

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр пульмонологии и фтизиатрии», г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время программно-целевому планированию развития любой отрасли экономики страны придается особое значение, так как при этом обеспечивается достижение высокой эффективности производственной деятельности. В свою очередь, принцип программно-целевого планирования требует обоснованной прогнозной информации о развитии отрасли в будущем. Применительно к здравоохранению это означает, что здоровье населения всегда было и остается главной составляющей в социально-экономическом прогрессе страны. Известно, какие огромные финансовые затраты несет общество из-за многочисленных болезней, особенно тех, которые требуют длительного лечения, нередко приводят к инвалидности, а порой и к смерти. Прогнозирование заболеваемости является необходимым элементом при разработке перспективных планов по профилактике болезней и совершенствованию медицинской помощи населению.

На особом месте стоит организация борьбы с инфекционными заболеваниями, к которым относится туберкулез. Последний, будучи хроническим заболеванием, в своей эпидемиологии характеризуется определенными тенденциями, которые в отличие от таковых при острых инфекциях менее подвержены частым колебаниям и существенным изменениям за непродолжительный период времени. Поэтому при разработке прогноза заболеваемости туберкулезом важно достоверно определить временной период прошлого, на основании которого разрабатывается эпидемиологическая модель в будущем, и определить продолжительность временного ряда.



Цель исследования — разработать прогноз заболеваемости туберкулезом в Республике Беларусь на 2023–2025 гг.

Проведен анализ заболеваемости туберкулезом в Республике Беларусь с использованием статистических данных по регионам и г. Минску за 2003–2022 гг., когда наряду с профилактическими рентгено-флюорографическими осмотрами населения начали широко применяться с целью своевременного выявления туберкулеза современные методы ускоренной бактериологической и молекулярно-генетической диагностики туберкулеза, компьютерной томографии, малоинвазивных видеоассистированных оперативных вмешательств с биопсией и морфологическим исследованием операционного материала.

В свою очередь, достигнутые результаты лечения различных пациентов с туберкулезом, прежде всего с широкой и множественной лекарственной устойчивостью возбудителя, являются клинико-эпидемиологическим фактором снижения распространения туберкулезной инфекции среди населения. Так, более 97,0% пациентов охвачено лечением новыми и перепрофилированными противотуберкулезными лекарственными препаратами; создан центр коморбидной патологии при туберкулезе (для пациентов с коморбидной ВИЧ-инфекцией, вирусными гепатитами, сахарным диабетом); разработана и утверждена новая диспансерная группировка пациентов с туберкулезом и фтизиопульмонологической патологией; регулярно обновляется протокол диагностики и лечения пациентов с туберкулезом (2019; 2022).

Визуальная оценка временного ряда показателей и анализ коррелограммы свидетельствуют о наличии однородной убывающей трендовой компоненты. Коэффициенты автокорреляции с шагом 1 и 2 равны 0,95 и 0,93. Для построения прогноза заболеваемости туберкулезом нами использовалась модель параболической регрессии:  $y = 0,0118x^3 - 0,4408x^2 + 2,554x + 45,579$ , коэффициент детерминации  $R^2 = 0,9911$ . Исключение составили статистические показатели за 2020 и 2021 гг., когда отмечалось резкое снижение заболеваемости туберкулезом из-за сокращения медицинских осмотров населения в связи с пандемией коронавирусной инфекции COVID-19. Подобная картина была вызвана привходящими факторами и не является характерной особенностью в будущем. В этом случае потребовалось выравнивание временных рядов показателей заболеваемости за 2020 и 2021 гг., а сопоставление полученных прогнозируемых показателей на 2023–2025 гг. проводилось с данными доковидного периода (2019 г.).

За последнее десятилетие Советом Министров Республики Беларусь были утверждены Государственная программа «Здоровье народа и демографическая безопасность Республики Беларусь», 2016–2020 годы, и «Здоровье народа и демографическая безопасность», 2021–2025 годы, с наличием в каждой подпрограммы по преодолению проблемы туберкулеза. Реализация обеих подпрограмм обеспечила дальнейшее совершенствование противотуберкулезной помощи населению в целом и улучшение эпидемиологической ситуации по туберкулезу в стране.

При формировании подпрограмм было важно определить перечень необходимых и реально выполняемых за установленные сроки мероприятий и рационально их распределить с учетом наибольшей медицинской и экономической эффективности. Эту задачу можно решить, обладая глубокими знаниями о развитии эпидемического процесса туберкулеза в будущем. К сожалению, мировые катастрофы и пандемии могут внести непредвиденные поправки в прогнозные данные. Так, пандемия коронавирусной инфекции COVID-19, возникшая в мире в 2019 г., затронула в 2020–2021 гг. и Беларусь, что в определенной степени затормозило стабильно установившуюся тенденцию истинного снижения эпидемиологических показателей по туберкулезу. Выход из пандемии (2022 г.) характеризуется восстановлением тенденции к снижению показателей заболеваемости туберкулезом, смертности от него и численности контингентов, состоящих на учете в противотуберкулезных организациях.

Прогнозируемые уровни заболеваемости туберкулезом в республике на ближайшие годы составили: в 2023 г. — 14,0 (95% ДИ; 13,2–14,8) на 100 тыс. населения, в 2024 г. — 13,2 (95% ДИ; 12,5–14,0) на 100 тыс. и в 2025 г. — 13,0 (95% ДИ; 12,3–13,7) на 100 тыс., т. е. по отношению к 2019 г. (18,3 на 100 тыс.) уменьшатся на 23,5; 27,3 и 29,0% соответственно. Ежегодный тренд прогнозного показателя заболеваемости туберкулезом составит 5,4; 5,7 и 1,5%.

Среди регионов республики в 2023–2025 гг. наиболее высокие показатели прогнозируемой заболеваемости туберкулезом на 100 тыс. населения наблюдаются в Гомельской (23,7; 22,8 и 21,9) и Могилевской (16,5; 15,7 и 15,0) областях. Ранговые места в направлении более благоприятной эпидемиологической ситуации занимают регионы в следующем порядке: г. Минск (6,3; 5,8 и 5,4 на 100 тыс.), области — Минская (12,5; 11,8 и 11,1), Брестская (14,1; 13,5 и 12,8), Витебская (14,3; 13,6 и 12,9), Гродненская (15,7; 15,0 и 14,4).

Таким образом, полученные прогнозные данные свидетельствуют об устойчивой тенденции к снижению показателя заболеваемости туберкулезом в Республике Беларусь в ближайшие 3 года, который

составит в 2025 г. 13,0 (95% ДИ; 12,3–13,7) на 100 тыс. населения. Наиболее высокие показатели прогнозируемой заболеваемости туберкулезом (по сравнению с общереспубликанским показателем) сохраняются в Гомельской области и Могилевской области. Статистические данные прогноза заболеваемости туберкулезом на ближайшее будущее позволяют объективно подходить к формированию цели, задач и отдельных мероприятий по противодействию распространению туберкулеза на программном уровне.

Поступила 06.09.2023

## **СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ НАСЕЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА ВСЛЕДСТВИЕ СТОЙКОЙ УТРАТЫ ТРУДОСПОСОБНОСТИ**

*Калинкин Д. Е., д. м. н., доцент, kalinkin750@gmail.com,*

*Тахауов Р. М., д. м. н., профессор, niirm2007@yandex.ru,*

*Мильто И. В., д. б. н., доцент, milto\_bio@mail.ru*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Северский биофизический научный центр» Федерального медико-биологического агентства, г. Северск, Россия

Заболеваемость важнейшими социально значимыми неинфекционными заболеваниями (например, болезнями системы кровообращения и злокачественными новообразованиями) сопровождается значительными экономическими потерями.

Цель настоящего исследования — оценить экономические потери вследствие первичного выхода на инвалидность, обусловленного болезнями системы кровообращения и злокачественными новообразованиями в популяции промышленного города в период 1990–2020 гг.

Объектом настоящего исследования являлось население закрытого административно-территориального образования Северск, сформированного вокруг одного из крупнейших в мире предприятий атомной промышленности.

На протяжении изучаемого периода экономические потери вследствие первичного выхода на инвалидность, обусловленную болезнями системы кровообращения, значительно увеличились (с  $4\,991 \pm 1\,602,2$  тыс. рублей в период 1990–1994 гг. до  $995\,786,0 \pm 423\,354,9$  тыс. рублей в период 2015–2020 гг.).

Экономические потери вследствие инвалидности, обусловленной злокачественными новообразованиями, составлявшие в 1990–1994 гг.  $2\,476,0 \pm 465,0$  тыс. рублей, также неуклонно увеличивались, составив в период 2015–2020 гг.  $1\,984\,416,9 \pm 724\,536,5$  тыс. рублей.

Рост экономических потерь, обусловленных болезнями системы кровообращения и злокачественными новообразованиями, свидетельствует о необходимости дальнейшего совершенствования программ, направленных на раннее выявление как самих болезней названных классов, так и их осложнений, приводящих к первичному выходу на инвалидность населения трудоспособного возраста промышленного города.

Поступила 22.09.2023

## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ПРЕССИНГА НА КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА МЕГАПОЛИСА**

*Карчевская А. О., allakarchevskaya@yandex.ru,*

*Ситдикова И. Д., д. м. н., профессор, sar1002@mail.ru,*

*Пузырев В. Г., к. м. н., доцент vgruzyrev@mail.ru*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

Загрязнение окружающей среды является одной из наиболее приоритетных экологических проблем во всем мире. Воздух — основной компонент среды, непрерывно взаимодействующий с организмом человека, поэтому его загрязнение имеет ведущее значение в процессе роста числа за-

болеванний у населения. Антропогенные факторы занимают первое место среди загрязнителей воздуха. Наибольшие их концентрации характерны для мегаполисов, где расположены крупные промышленные центры.

Цель исследования — изучить влияние техногенного прессинга на качество атмосферного воздуха мегаполиса.

Техногенная нагрузка на город и его районы оценивалась на основании данных Министерства промышленности и торговли, а также государственных докладов Правительства Санкт-Петербурга за период с 2012 по 2021 г. Для оценки влияния на население химических соединений, выбрасываемых в атмосферный воздух в результате деятельности стационарных источников, был проведен расчет риска развития канцерогенных и неканцерогенных эффектов при ежедневной экспозиции.

Ведущими отраслями промышленности Санкт-Петербурга являются машиностроение, химическая промышленность и легкая промышленность, в результате деятельности которых в воздух будут выбрасываться химические соединения. Основными ингредиентами, входящими в состав выбросов в атмосферный воздух в результате деятельности стационарных объектов, являются, оксид и диоксид азота, оксид углерода, диоксид серы. Также в воздух выбрасывается такое канцерогенное соединение, как бенз(а)пирен, который способен формировать повышенный канцерогенный риск для проживающего населения. Районами с наибольшей техногенной нагрузкой при остром ингаляционном воздействии химических веществ в Санкт-Петербурге за исследуемый период являются Выборгский, Кировский, Невский и Приморский районы. Расчет индивидуального канцерогенного риска по бенз(а)пирену показал, что показатели соответствуют пренебрежимо малому риску и входят в первый диапазон ( $CR \leq 1 \times 10^{-6}$ ). Риск развития неканцерогенных эффектов при ежедневной экспозиции населения оксидом азота соответствует низкому уровню ( $HQ < 1$ ) во всех районах города, кроме Адмиралтейского, Невского и Центрального ( $HQ = 1-2$ ). По диоксиду азота низкий неканцерогенный риск характерен для периферийных районов города ( $HQ = 0,75$ ). Риски по оксиду углерода пренебрежимо малы, не отличаются от обычных ( $HQ < 1$ ).

Таким образом, деятельность промышленных объектов на территории Санкт-Петербурга приводит к выбросу в атмосферный воздух различных химических соединений, приводя к повышенной техногенной нагрузке на население, проживающее в районах города.

Поступила 20.09.2023

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

*Михеев П. В., к. б. н., pvm-fscg@yandex.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Получение достоверных результатов санитарно-микробиологического анализа почвы является актуальным для совершенствования социально-гигиенического мониторинга за состоянием городских территорий и реализации профилактических мероприятий.

Содержащиеся в СанПиН 1.2.3685-21 (РФ, 2021 г.) микробиологические показатели качества почв предполагают не только качественное выявление обобщенных колиформных бактерий, энтерококков и кишечных патогенных бактерий, но и их количественный учет с целью оценки опасности почвы для хозяйственной и иной деятельности населения.

Почва — одна из сложнейших матриц в плане выявления микроорганизмов. Имеются косвенные способы оценки численности и видового разнообразия бактерий. Золотым стандартом выявления определенных микроорганизмов является бактериологический метод. Он же относится и к самым доступным для большинства диагностических лабораторий в силу разработанности методик и доступности стандартизированных готовых селективных диагностических питательных сред. В помощь специалистам идут автоматические анализаторы для идентификации выросших колоний бактерий.

Целью исследования являлось экспериментальное изучение влияния ксенобиотиков различной природы в высоких концентрациях на численность типовых штаммов санитарно-показательных

и патогенных бактерий, выделенных из почвы и способных к росту на жидких и агаризованных питательных средах.

При десорбции с почвенных органоминеральных частиц, в водном растворе бактерии находились в виде микроколоний, вероятно, состоящих из живых, погибших или частично поврежденных клеток.

Твердые питательные среды содержат в качестве основы агар-агар — гель полисахарид, выделяемый из морских водорослей. Агар представляет собой смесь агарозы (50–80%), молекула которой имеет сложное химическое строение, и агаропектина. Известно, что бактериальные клетки распределяются внутри гелевых волокон в виде отдельных кластеров по 8–80 клеток со свободным от бактерий межкластерным пространством. Фиксация бактерий в геле приводит к тому, что дочерние клетки растут встык с материнскими в виде цепей. При наличии в исходном засеваемом инокуляте поврежденных или убитых клеток бактерий видимый рост колонии, вероятно, должен осуществляться в определенном направлении, где присутствуют живые активные бактерии.

Задачами исследований являлось изучение численности, а также культуральных, морфологических и биохимических свойств типовых штаммов бактерий родов эшерихия, энтерококки, шигелла, сальмонелла в длительном пятимесячном почвенном эксперименте. В качестве загрязняющего почву вещества использовали ксенобиотики в концентрации 10 ПДК (три класса пестицидов, ацетат свинца, моторное масло).

Исследования показали, что в почве с пестицидами и ацетатом свинца численность и, определенная методом НВЧ (наиболее вероятное число) в жидкой лактозо-пептонной среде, была выше по сравнению с прямым непосредственным методом высева почвы на среды Эндо и энтерококкагар. По-видимому, в жидкой питательной среде создаются благоприятные условия для роста микроорганизмов, позволяющие неповрежденным бактериям восстановить численность популяции, нивелируя реальные величины численности потенциально-патогенных бактерий в почве. В почве с моторным маслом различия в численности не обнаружены.

Выявлены артефакты роста колоний по поверхности питательной среды. На селективных дифференциально-диагностических средах на 5–11-е сутки инкубации в почве с ацетатом свинца выделялись бактерии родов эшерихия, сальмонелла, шигелла, растущие в виде одиночных колоний и колоний, собранных в короткие цепочки.

Наиболее быстро (до месяца) элиминировали из почвы (переставали обнаруживаться) шигеллы и энтерококки. Эшерихии и сальмонеллы на 60-е сутки выросли на агаризованных средах в виде крупных нехарактерных колоний. Изменялась морфология клеток (световая микроскопия), исчезала подвижность культуры. Менялись по сравнению с первоначальными отдельные биохимические показатели культуры, определенные в тестах на анализаторе Vitek. Пассаж культуры через жидкие среды с кровью полностью восстанавливал типовые свойства изученных штаммов.

Таким образом, прямой метод учета бактерий показывает более реалистичную картину численности и физиологического состояния популяции кишечных патогенных и условно патогенных бактерий, способных сохраняться в агрессивной среде, каковой для них является почва.

Поступила 20.09.2023

## **ФАКТОРЫ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГИПОКСИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ У ДОНОШЕННЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ**

*Панова М. С., merik2002@mail.ru*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Чита, Россия

В течение последних нескольких лет наблюдается рост заболеваний беременных женщин, которые приводят к развитию гипоксических состояний у плода и последствий в виде поражений центральной нервной системы. Поэтому детальный анализ факторов риска данной патологии поможет предотвратить возникновение неврологических проблем путем своевременно осуществленных терапевтических мероприятий.

Цель исследования — анализ факторов риска возникновения гипоксических состояний у доношенных новорожденных.

В исследование включено 105 доношенных новорожденных, которые были разделены на 3 группы: 1-я группа — доношенные новорожденные, рожденные в умеренной асфиксии, 2-я группа — доношенные новорожденные, имевшие в анамнезе перенесенную хроническую гипоксию плода и рожденные вне состояния асфиксии, 3-я группа — доношенные новорожденные, не имевшие в анамнезе перенесенной хронической гипоксии плода и рожденные вне состояния асфиксии. Статистический анализ проведен с помощью пакета программ IBM SPSS Statistics Version 25.0. Анализ нормальности распределения признаков с учетом численности исследуемых групп, равной 50 новорожденных и менее, проводился путем оценки критерия Шапиро — Уилка. Учитывая распределение признаков, отличное от нормального во всех исследуемых группах, полученные данные представлены в виде медианы, первого и третьего квартилей: Me (Q1; Q3). Для сравнения трех независимых групп по одному количественному признаку использовался ранговый анализ вариаций по Краскелу — Уоллису (H). При наличии статистически значимых различий проводилось попарное сравнение с помощью критерия Манна — Уитни с учетом поправки Бонферрони ( $p < 0,017$ ). Номинальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение номинальных данных исследования проводилось при помощи критерия  $\chi^2$  Пирсона, позволяющего оценить значимость различий между фактическим количеством исходов или качественных характеристик выборки, попадающих в каждую категорию, и теоретическим количеством, которое можно ожидать в изучаемых группах при справедливости нулевой гипотезы. В случае наличия малых выборок определяли критерий  $\chi^2$  Пирсона с поправкой на правдоподобие. Для определения силы связи между фактором риска и исходом использовался критерий Крамера (V). Для определения вероятности возникновения заболеваний использовался критерий относительного риска (RR). Для попарного сравнения номинальных данных использовали критерий Фишера. Для сравнения номинальных показателей зависимых исследуемых групп использовали критерий Мак-Немара. Во всех случаях  $p < 0,05$  считали статистически значимым.

Критерии включения в исследование: рождение на доношенном сроке беременности, внутриутробная гипоксия, асфиксия в родах, наличие информированного добровольного согласия родителей на участие в исследовании. Критерии исключения: недоношенность, перенесенная беременность, наличие инфекционных и генетических заболеваний, гемолитическая болезнь новорожденного, родовой травматизм, отказ родителей от участия в исследовании.

Диагноз хронической гипоксии плода был выставлен на основании результатов кардиотокографии, ультразвуковой доплерографии и данных биофизического профиля плода. Диагноз умеренной асфиксии был выставлен согласно методическому письму «Реанимация и стабилизация состояния новорожденных детей в родильном зале» (2020 г.) на основании клинико-лабораторных показателей, низкой оценки по шкале Апгар.

Анализ течения беременности и родов выявил, что значимым показателем оказалась угроза прерывания беременности: ее частота статистически значимо не отличалась в 1-й (26,9%) и 2-й (15,8%) группах ( $F = 0,35$ ;  $p > 0,05$ ), а в 3-й группе (2,4%) был единичный случай ( $F < 0,05$ ;  $p < 0,05$ ), сила связи средняя ( $V = 0,29$ ;  $p < 0,001$ ). Кроме этого было отмечено, что во всех группах имели место патология сердечно-сосудистой (артериальная гипертензия, нейроциркуляторная дистония: 11,5% — в 1-й группе, 10,5% — во 2-й группе и 19,5% — в 3-й группе) и мочевыделительной систем (хронический пиелонефрит в стадии ремиссии, гестационный пиелонефрит, бессимптомная бактериурия, умеренная протеинурия: 23,1% — в 1-й группе, 44,7% — во 2-й группе и 39,0% — в 3-й группе), хронический цервицит в стадии ремиссии (30,8% — в 1-й группе, 34,2% — во 2-й группе и 34,1% — в 3-й группе),  $p > 0,05$ . У ряда беременных были обнаружены иммуноглобулины класса G к TORCH инфекциям (34,6% — в 1-й группе, 28,9% — во 2-й группе и 29,3% — в 3-й группе),  $p > 0,05$ . Некоторые женщины курили на протяжении всей беременности: 7,7% — в 1-й группе, 15,8% — во 2-й группе и 4,9% — в 3-й группе,  $p > 0,05$ .

Во второй половине беременности наиболее значимым осложнением была хроническая плацентарная недостаточность (100% — в 1-й и 2-й группах, 2,4% — в 3-й группе). В 1-й и 2-й основных исследуемых группах были такие осложнения, как преэклампсия (7,7% и 10,5% соответственно) и дистресс плода (15,4% и 7,9% соответственно),  $p < 0,05$ . Преэклампсия показала слабую силу связи в нашем исследовании ( $V = 0,2$ ;  $p < 0,05$ ), а дистресс плода — среднюю ( $V = 0,24$ ;  $p < 0,05$ ). Остальные осложнения течения беременности: гестационная анемия (38,5% — в 1-й группе, 55,3% — во 2-й группе и 48,9% — в 3-й группе), отеки беременной (7,7% — в 1-й группе, 5,3% — во 2-й группе и 9,8% — в 3-й группе), преждевременная отслойка нормально расположенной плаценты (3,8% — в 1-й группе, 2,6% — во 2-й группе и 2,4% — в 3-й группе) — не показали значимых результатов.

Анализ интранатального периода в 1-й, 2-й и 3-й группах выявил наличие таких особенностей, как: слабость родовой деятельности (7,7%, 13,2% и 7,3% соответственно), быстрые роды (15,4%, 2,6%

и 7,3% соответственно), обвитие пуповиной (34,6%, 26,3% и 24,4% соответственно). Во 2-й и 3-й группах проводилась амниотомия (7,9% и 4,9%) и встречались неправильное вставление головки плода (5,3% и 4,9%), аномалии прикрепления пуповины (7,9% и 2,4%). Только в контрольной группе была дискоординация родовой деятельности (7,3%). Статистической значимости между перечисленными факторами обнаружено не было.

Оценка по шкале Апгар в конце 1-й минуты / в конце 5-й минуты составила: в 1-й группе — 5,5 (5,0; 5,5) балла / 8,0 баллов (7,2; 8,0), во 2-й группе — 8,0 (8,0; 8,6) баллов / 9,0 (8,8; 9,0) баллов, в 3-й группе — 9,0 (8,7; 9,0) баллов / 9,0 (9,0; 9,4) баллов. Значимые отличия в конце 1-й минуты наблюдались между двумя основными группами, а также между 1-й и 3-й группами ( $U = 0,0$ ;  $p < 0,001$ ). Оценка по шкале Апгар в конце 5-й минуты значимо отличалась между всеми группами ( $U_{1-2} = 96,0$ ,  $p_{1-2} < 0,001$ ;  $U_{1-3} = 32,0$ ,  $p_{1-3} < 0,001$ ;  $U_{2-3} = 536,0$ ,  $p_{2-3} = 0,01$ ). Всем детям 1-й группы был выставлен диагноз умеренная асфиксия. В данном исследовании с учетом анамнеза, клинической картины и нейросонографии с доплеровским исследованием признаки церебральной ишемии 1-й степени имели 80,7% детей 1-й группы и 34% детей 2-й группы ( $RR = 2,36$  [95% CI 1,46–3,81]).

Таким образом, наиболее значимыми факторами риска возникновения гипоксических состояний у доношенных новорожденных являются наличие угрозы прерывания беременности, преэклампсии и/или хронической плацентарной недостаточности во время беременности. Риск возникновения гипоксического поражения головного мозга более чем в два раза выше у детей, имеющих сочетание хронической гипоксии плода в анамнезе и асфиксии при рождении. Профилактика вышеуказанных состояний позволит снизить частоту возникновения неврологических заболеваний детского возраста.

Поступила 13.09.2023

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, СОЗДАВАЕМЫХ БАЗОВЫМИ СТАНЦИЯМИ СОТОВОЙ СВЯЗИ 2–5 ПОКОЛЕНИЯ

Перов С. Ю., д. б. н., [perov@irioh.ru](mailto:perov@irioh.ru)

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Проблема обеспечения безопасной среды обитания является важной приоритетной задачей в обеспечении сохранения здоровья работающих и населения. В процессе жизни человек подвергается воздействию комплекса факторов окружающей и производственной среды, одним из которых является электромагнитное поле (далее — ЭМП). Интенсивное развитие и постоянное присутствие систем беспроводной связи актуализируют проблему оценки уровней ЭМП радиочастотного диапазона, в частности контроля превалирующих уровней ЭМП систем сотовой связи. Размещение базовых станций систем сотовой связи в местах пребывания человека и использование одновременно нескольких стандартов связи, отличающихся несущими частотами, модуляциями и стохастическими режимами работы, требуют корректных научно обоснованных методологических принципов в рамках разработки методик гигиенической оценки подобных источников.

Исходя из действующих нормативно-методических документов, гигиеническая оценка ЭМП направлена в первую очередь на широкополосные измерения плотности потока энергии для установления соответствия предельно допустимым уровням в режиме максимальной выходной мощности источника излучения. Однако такой метод гигиенического контроля не позволяет выделить конкретный источник в разных нормируемых частотных диапазонах и оценить временную динамику уровней ЭМП. Упоминание селективных методов контроля в регламентирующих измерениях методов контроля не позволяет их проводить в связи с отсутствием методологических основ гигиенической оценки базовых станций систем сотовой связи.

Для более детальной информации об уровнях ЭМП, а также контроля отдельных источников излучений необходимо внедрение селективных подходов, в том числе новых стандартов связи, где новые конструктивные особенности излучающей системы формируют принципиально новые условия экспозиции человека. При гигиенической оценке уровней воздействия ЭМП на человека основным является принцип наихудших условий экспозиции. Применительно к уровням ЭМП, создаваемых базовыми станциями сотовой связи, в международной практике рассматриваются теоретические максимальные и фактические максимальные уровни воздействия. Теоретические максимальные

уровни ЭМП характеризуют режим эксплуатации базовой станции при наибольшей загрузке сети, наибольшего трафика передачи данных и полного использования частотно-временного ресурса радиоканала при максимальной разрешенной мощности передачи. Подобный режим эксплуатации базовой станции является критическим и маловероятным случаем на практике, поэтому ориентирован на проведение общепринятой типовой оценки уровней ЭМП. Определение теоретических максимальных уровней ЭМП может проводиться в обычном режиме эксплуатации базовой станции на основе селективных измерений постоянной компоненты сигнала от базовой станции к абоненту, которые передаются с фиксированным уровнем мощности.

При оценке ЭМП базовых станций в зависимости от стандарта сотовой связи 2–5 поколения для измерения постоянных компонент применяют частотно-селективные измерения канала передачи системной информации BCCH в сетях GSM (2G), а кодо-селективные измерения применяют для первичного общего пилотного канала P-CPICH в сетях UMTS (3G), опорного сигнала RS в сетях LTE (4G) и блок сигнала синхронизации SSB в сетях стандарта 5G NR/IMT-2020 (5G). Выделение указанных компонент для каждого поколения связи с учетом информации о режиме работы выбранной базовой станции позволяет провести оценку наихудших условий воздействия на человека, как это принято в гигиенической практике.

Определение фактических максимальных уровней ЭМП является альтернативным принципом оценки базовых станций. Основой его является возможность приближения оценки к определению практически достижимых максимальных условий экспозиции с учетом стохастического характера сигнала базовой станции. Подобный принцип особенно важен при гигиенической оценке пространственно-неоднородных ЭМП, создаваемых адаптивными антенными системами с динамической диаграммой направленности, которые получили широкое распространение при внедрении сетей сотовой связи стандарта 5G NR/IMT-2020.

Методы статистической оценки условий экспозиции в действительности с учетом переменного количества подключаемых абонентов, их распределения в пространстве, моментов и продолжительности подключения и т. п. отражают подход фактических максимальных условий экспозиции и включают как теоретические, так и инструментальные исследования, в результате которых определяются реалистичные пороги максимальных мощностей излучения источников в зависимости от условий их эксплуатации.

Методологическая основа гигиенической оценки ЭМП, создаваемых системами сотовой связи, должна включать внедрение частотно-селективных и кодо-селективных методов оценки ЭМП, научное обоснование экстраполяции результатов селективных измерений для оценки теоретического максимального уровня экспозиции ЭМП и фактических максимальных уровней экспозиции на основе статистических исследований распределения передаваемой мощности при эксплуатации базовых станций в реальных условиях, а также разработку нормативно-методической базы по взаимодействию органов санитарно-эпидемиологической службы и владельцев/операторов базовых станций в рамках контроля ЭМП.

Поступила 22.09.2023

## **ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**

*Растокина Т. Н., dr.sokurenkotatiana@gmail.com,*

*Унгуряну Т. Н., д. м. н., профессор, unguryanu\_tn@mail.ru*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

В 2021 г. были опубликованы пересмотренные глобальные руководящие принципы Всемирной организации здравоохранения по качеству воздуха, что требует от специалистов обратить внимание на местные нормативы и обсудить обновления локального индекса качества воздуха. Согласно данным ВОЗ, в 2019 г. 99% населения мира дышало воздухом, уровень загрязнения которого превышал установленные нормы. Загрязнение воздуха является значительной экологической угрозой здоровью населения. Доказано, что, снижая уровень загрязнения воздуха, возможно уменьшить бремя

сердечно-сосудистых заболеваний, в первую очередь инфаркта миокарда и инсульта, а также респираторных заболеваний и рака легких. Качество атмосферного воздуха напрямую связано с климатом. В условиях Арктики климатические факторы также предъявляют повышенные требования к сердечно-сосудистой и респираторной системам организма.

Целью работы является оценка риска здоровью населения г. Архангельска в результате воздействия загрязняющих веществ атмосферного воздуха.

Согласно указу президента Российской Федерации от 02.05.2014 № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации», г. Архангельск входит в состав Арктической зоны и приравнен к районам Крайнего Севера. Для оценки риска использованы данные ФГБУ «Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Регулярные наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в г. Архангельске проводятся на трех постах, расположенных по адресам: ул. Воскресенская, д. 99, стр. 2 (пост № 4), пр. Ленинградский, д. 281, корпус 1, стр. 2 (пост № 5) и ул. Кировская, д. 6, стр. 1 (пост № 6). Проанализированы среднегодовые концентрации следующих специфических загрязняющих веществ: взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, формальдегид, метилмеркаптан, бенз(а)пирен. Также произведен расчет доли проб, не отвечающих гигиеническим нормативам. Анализ произведен за пятилетний период с 2018 по 2022 г.

За изучаемый период доля проб, превышающих среднесуточную ПДК, составляла ниже 1% и снизилась с 0,62% в 2018 г. до 0,01% в 2022 г. На долю бенз(а)пирена приходится 89% проб, превышающих среднесуточную ПДК, 8,3% — на долю сероводорода. Среднегодовая ПДК за пятилетний период в 2 раза превышает гигиенический норматив у формальдегида и равна 0,06 мг/м<sup>3</sup>.

Произведена оценка неканцерогенного риска для здоровья городского населения от воздействия загрязняющих веществ атмосферного воздуха. Коэффициент опасности при хроническом воздействии составил для взвешенных веществ 0,41, в том числе для PM<sub>2,5</sub> — 1,16, для PM<sub>10</sub> — 0,8, для оксида углерода — 0,37, диоксида азота — 0,50, оксида азота — 0,13, сероводорода — 0,33, формальдегида — 2,0, бенз(а)пирена — 0,76. Таким образом, большинство загрязняющих веществ имеют допустимый уровень риска, за исключением формальдегида и PM<sub>2,5</sub>, для которых уровень риска определен как настораживающий.

Выполнена оценка аддитивных рисков: для органов дыхания индекс опасности составляет 3,37; для иммунной системы — 2,76; для органов зрения — 2,0; для крови — 1,0; для сердечно-сосудистой системы — 1,58; для центральной нервной системы — 0,37. Допустимый уровень индекса опасности определяется для большинства органов/систем-мишеней, за исключением респираторной системы, для которой характерен настораживающий уровень риска.

Таким образом, основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха г. Архангельска вносят бенз(а)пирен, формальдегид и сероводород. Неканцерогенный риск для здоровья населения превышает допустимый уровень для формальдегида и PM<sub>2,5</sub>. Повышенному риску развития общетоксических эффектов подвергаются органы дыхания и сердечно-сосудистая система. Аддитивные риски определены как недопустимые для дыхательной системы и составляют 3,37.

Поступила 25.09.2023

## **ОЦЕНКА ОБЩЕТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ С РАЗЛИЧНЫМИ УРОВНЯМИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО БАКТЕРИАЛЬНОГО ТЕСТА**

*Суровец Т. З., volk\_tz@mail.ru,  
Дроздова Е. В., к. м. н., доцент, drozdovaev@mail.ru,  
Евсеев Е. А., toxlab@mail.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Одним из ключевых вопросов, связанных с воздействием водного фактора и требующих комплексного решения для сохранения здоровья населения, является несбалансированность макро- и микроэлементного состава питьевой воды. Опубликованные материалы подтверждают то, что дефицит и дисбаланс Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> можно рассматривать в качестве потенциальных факторов риска возникновения у населения мочекаменной болезни, заболеваний сердечно-сосудистой,



костно-мышечной системы и органов пищеварения. В связи с вышеизложенным представляло интерес изучение общетоксического действия питьевой воды с различными уровнями минерализации и соотношением основных макроэлементов (кальция и магния) в эксперименте. Ранее нами были проведены экспериментальные исследования по изучению влияния на здоровье питьевой воды с различным уровнем общей минерализации и минеральным составом на животных. В то же время применение альтернативных методов оценки токсичности позволило бы расширить представление о воздействии воды на организм.

Цель работы — оценить общетоксическое действие питьевой воды с различными уровнями минерализации с помощью люминесцентного бактериального теста.

Объектами исследования являлись 5 групп питьевых вод с различным уровнем общей минерализации: водопроводная питьевая вода природного состава (минерализация 200–500 мг/л) и имитаты питьевой воды с уровнями минерализации 50 мг/л, 200–500 мг/л, 1000 мг/л и 2000 мг/л. Имитаты воды готовили с использованием минеральной добавки «Северянка» (состав № 1). Соотношение ионов кальция и магния в приготовленной воде составляло 2 : 1.

Определение общетоксического действия образцов питьевой воды проводили с использованием измерительного прибора-люминометра типа «Биотокс-10» согласно Методическим рекомендациям № 11-1/133-09. В качестве тест-объекта использовался препарат «Эколюм» лиофилизированных люминесцентных бактерий. Статистическая обработка данных выполнена с использованием программы Microsoft Excel 2010.

По результатам экспериментальных исследований для образца природной питьевой воды с уровнем общей минерализации 200–500 мг/л установлено среднее значение индекса токсичности «Т» –260,8, для имитатов воды с минерализацией 1000 мг/л, 2000 мг/л, 50 мг/л и 200–500 мг/л — значения индекса –259,8, –153,0, –77,0 и –30,8 соответственно.

Проведенные исследования по определению токсичности питьевых вод с помощью люминесцентного бактериального теста с использованием измерительного прибора-люминометра типа «Биотокс-10» позволяют сделать вывод об отсутствии общетоксического действия образцов питьевой воды с различными уровнями общей минерализации (водопроводной воды природного состава (минерализация 200–500 мг/л) и имитатов питьевой воды с уровнями минерализации 50 мг/л, 200–500 мг/л, 1000 мг/л и 2000 мг/л).

В то же время установлены различия для образцов воды с минерализацией 200–500 мг/л (соответствует диапазону физиологической полноценности) природного состава и приготовленного с использованием минеральной добавки «Северянка»: для имитата воды выявлено более высокое значение индекса токсичности «Т». Установленные особенности могут быть предметом для дальнейших более детальных исследований.

Поступили 17.10.2023

## Раздел 2

# РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. СТАТЬИ

### О РАЗРАБОТКЕ ЛОКАЛЬНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РЕФЕРЕНТНЫХ УРОВНЕЙ ДЛЯ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Веренич К. А., kirillverenich@mail.ru,*

*Миненко В. Ф., к. б. н., доцент, vminenko@list.ru*

Научно-исследовательское учреждение «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

Медицинское облучение является одним из ведущих источников облучения населения. При этом к медицинскому облучению не применяется принцип нормирования дозы облучения, потому что оно обосновано и связанные с ним дозы соразмерны медицинской цели, а пределы или ограничения дозы в подобных случаях «часто приносят больше вреда, чем пользы» [1]. Защита пациентов в области радиационной безопасности при обоснованном медицинском облучении базируется только на принципе оптимизации облучения. В диагностических исследованиях оптимизация облучения реализуется путем введения в практику понятия диагностического референтного уровня (далее — ДРУ) [2, 3]. ДРУ — это легко измеряемый или определяемый показатель облучения, который оценивает количество ионизирующего излучения (дозу), а его значение соответствует оптимальному значению дозы облучения по результатам практики рассматриваемого типового исследования в медучреждениях. Числовое значение ДРУ определяется как медианное значение измеряемого показателя, полученное по соответствующей выборке пациентов. ДРУ не применимы к отдельному пациенту, поскольку «устанавливаются для оценки уровней доз облучения пациентов в медицинской радиологической диагностике или уровней активности применяемого радиофармацевтического лекарственного средства (в случае радионуклидной диагностики) при типовых исследованиях однородных групп пациентов с использованием определенного вида радиационного устройства или радиофармацевтического лекарственного средства».

По утвержденному Министерством здравоохранения Республики Беларусь Положению о порядке установления и применения граничных доз облучения и референтных уровней устанавливаются локальные и республиканские ДРУ [2]. Международная комиссия по радиологической защите (далее — МКРЗ) рекомендует локальные ДРУ в медучреждениях определять как медианное значение (50-й процентиль) измеряемого дозиметрического показателя для однотипных диагностических процедур и однородной выборки пациентов, типичных для рентгеновского кабинета или установки [3]. Республиканские ДРУ определяются как 75-й процентиль распределения значений локальных ДРУ, установленных в медицинских организациях. Поскольку числовые значения ДРУ привязаны к определенным клиническим и техническим требованиям диагностических процедур, со временем возникает потребность пересмотра значений ДРУ из-за прогрессивных изменений технологии медицинского облучения. По принятому Положению республиканские ДРУ следует пересматривать не реже 1 раза в пять лет [2].

Инструментом оптимизации ДРУ могут стать только в процессе аудита дозы пациентов; процесс ДРУ следует применять на постоянной основе с повторными обследованиями после любой оптимизации, а затем повторением всего аудита дозы пациентов через соответствующий временной интервал [3]. Значения республиканских ДРУ устанавливаются по данным обследования определенной группы пациентов, как правило, взрослых людей-нормостеников. Согласно приложению 8 к Гигиеническому нормативу «Критерии оценки радиационного воздействия» (в настоящее время отмененному в связи с введением постановления Совмина Республики Беларусь № 37 от 25.01.2021), белорусские ДРУ при диагностической радиографии разработаны для типичного взрослого пациента. В том случае, когда выборка пациентов, типичных для рентгеновской установки или кабинета, будет отличаться от типичного взрослого, значения республиканских ДРУ не могут служить референтными значениями для установления локальных ДРУ. В подобных случаях МКРЗ рекомендует для пациентов с малой или большой массой тела разработать коэффициенты масштабирования, которые следует включать в системы автоматического управления оборудованием [3].

Цель данной статьи — показать, каким образом можно устанавливать ДРУ и практически с ними работать в учреждениях здравоохранения, на примере рентгенографии грудной клетки в задней-передней (далее — ЗП) проекции.

Исследования органов грудной полости являются одним из наиболее распространенных видов рентгенографических исследований (до 30% от числа всех рентгенологических исследований). На основе результатов многолетнего опыта применения ДРУ в разных странах для рентгенографических исследований, включая флюорографию, МКРЗ рекомендовала в качестве легко измеряемого дозиметрического показателя использовать значение произведения дозы на площадь поля (далее — ПДП) или значение дозы на входной поверхности (далее — ВД) (при отсутствии на рентгеновском аппарате ПДП-дозиметра). В нашем примере значение поглощенной дозы в воздухе над входной поверхностью тела пациента будем использовать в качестве определяемого показателя-ВД, так как не все эксплуатируемые в системе здравоохранения рентгеновские установки оснащены ПДП-дозиметрами.

Значение ВД может быть измерено с помощью дозиметра, помещенного на входной поверхности тела пациента или стандартного фантома, а также может быть рассчитано на основе измеренного значения радиационного выхода рентгенодиагностического аппарата (далее — РДА). При выполнении рутинных исследований в рентгеновских кабинетах не практикуется проведение дозиметрических измерений. Поэтому в нашем примере ВД рассчитываются на основе значения радиационного выхода РДА с использованием вычислительного фантома, моделирующего человека [3], по формуле (1):

$$\text{ВД} = R \times (I \times t) / \text{РИК}^2 \times (\text{ВД}_p / R_p), \quad (1)$$

где  $R$  — измеренный радиационный выход РДА для заданного напряжения на рентгеновской трубке и фильтрации излучения,  $\text{мГр} \times \text{м}^2 / (\text{мА} \times \text{с})$ ;

$I \times t$  — экспозиция (произведение тока трубки на длительность облучения пациента),  $\text{мАс}$ ;

$\text{ВД}_p$  — рассчитанная доза на входной поверхности фантома,  $\text{мГр}$ ;

$R_p$  — рассчитанный радиационный выход рентгеновской трубки,  $\text{мГр} \times \text{м}^2 / (\text{мА} \times \text{с})$ ;

РИК — расстояние от фокуса рентгеновской трубки до кожи пациента,  $\text{м}$ .

В приведенной формуле все величины — ВД,  $R$ ,  $\text{ВД}_p$  и  $R_p$  — должны быть определены для одних и тех же значений анодного напряжения и фильтрации излучения.

Факторами, определяющими дозу на входной поверхности при постоянном напряжении и фильтрации, являются экспозиция и РИК. Доза на входной поверхности прямо пропорциональна экспозиции независимо от геометрии облучения, а  $\text{ВД}_p$  зависит от геометрии облучения, и при изменении РИК ее необходимо заново рассчитать.

Помимо доз на входной поверхности также вычислялись дозы на выходной поверхности фантома, необходимой для оценки качества рентгеновского изображения. В нашем примере качество рентгенографического изображения определяется его контрастом, который вычисляется через отношение доз за и перед исследуемым объектом:

$$C_l = (1 - D_{\text{вых}} / \text{ВД}), \quad (2)$$

где  $C_l$  — лучевой контраст;

$D_{\text{вых}}$  — выходная доза;

ВД — входная доза.

Хотя качество изображения в общем случае определяется информативностью рентгеновского снимка, которая зависит не только от лучевого контраста, для цели данной работы достаточно рассмотреть контраст как определяющий фактор качества рентгеновского снимка.

Расчеты доз в данной работе выполнены с помощью компьютерного кода MCNP, реализующего метод Монте-Карло. Ключевой проблемой, требующей применения метода Монте-Карло, является учет рассеянного излучения от тела пациента.

В программе расчета использованы воксельные вычислительные фантомы МКРЗ, моделирующие взрослых людей стандартного телосложения [4]. Современное развитие компьютерной техники позволяет создавать реалистичные антропоморфные фантомы с различными метрическими показателями отдельных органов и всего тела. Создание одного такого фантома — достаточно трудоемкий и длительный процесс. Однако для вычисления входной дозы нет необходимости создавать серию антропоморфных фантомов с реалистичными размерами и расположением органов и тканей. Достаточно создать серию фантомов путем масштабирования референтных вычислительных фантомов с помощью однородного сжатия вокселей в горизонтальной плоскости, как действовали не-

которые исследователи. Это позволяет правильно определить величину дозы прямого и рассеянного излучения на входной или выходной поверхности тела. В более гибком варианте однородно масштабируются голова, туловище и ноги с разными коэффициентами расширения или сжатия.

Использование вычислительного фантома позволяет оценивать реальные лучевые нагрузки на пациента на основе фактических значений параметров процедуры облучения: экспозиции, энергии излучения и геометрических характеристик пучка излучения. Для одного и того же вида исследования параметры могут варьироваться в зависимости от антропометрических характеристик пациентов. В современных РДА напряжение выставляется автоматически для выбранной процедуры облучения, а экспозиция получается в результате срабатывания автоматического экспонометра. Таким образом, экспозиция соотносится с толщиной тела облучаемого пациента в направлении распространения излучения.

В данном исследовании дозы на входной и выходной поверхностях тела были рассчитаны для фантомов с разной массой тела. Для этого из доступных данных о распределении по индексу массы тела (далее — ИМТ), полученных центром по контролю и профилактике заболеваний США в 2007–2010 гг., были выбраны значения массы тела, соответствующие 15, 50 и 85-му перцентилю ИМТ мужчин. Медиане распределения ИМТ соответствовала масса тела 76,6 кг, 15-му перцентилю — 63,6 кг, а 85-му — 95,8 кг.

Для вычисления дозы на входной поверхности был фиксирован рост пациента, поскольку он в малой степени влияет на величину дозы.

В качестве параметров облучения грудной клетки в ЗП проекции в программе расчета были выбраны напряжение 110 кВ, экспозиция 2 мА × с, фокусное расстояние 180 см из диапазона значений, рекомендованных в Инструкции по применению «Стандарты основных рентгенографических исследований» Минздрава Республики Беларусь (утв. 5 февраля 2006 № 178-1206). В вычислениях диафрагмирование облучения определяли размеры поля 30 см × 40 см. Толщина добавочного фильтра равнялась 2,5 мм Al, пульсация анодного напряжения не учитывалась. Результаты расчетов доз на входной и выходной поверхностях при неизменной экспозиции для всех трех фантомов показаны во второй и третьей колонках таблицы. В четвертой колонке показана в процентах величина изменения коэффициента контрастности для фантомов с меньшей и большей массой относительно фантома, представляющего медиану в рассматриваемом распределении ИМТ.

Чтобы учесть работу РДА с автоматическим экспонометром при выполнении процедуры облучения пациентов различной комплекции в своих расчетах  $ВД_p$ , доза на выходной поверхности была установлена неизменной и равной 4,61 мкГр для всех трех фантомов, а величина экспозиции стала переменной величиной, зависящей от толщины фантома. Результаты расчета доз на входной поверхности тела и изменения коэффициентов контрастности для РДА с автоматическим экспонометром показаны в пятом и шестом столбцах таблицы.

Таблица 1 — Дозы на входной и выходной поверхностях фантомов разной массы

Масса, кг	$ВД_p$ , мкГр	$D_{вых}$ , мкГр	$\Delta C_n$ , %	$ВД_p$ , мкГр	$\Delta C_n$ , %
63,6	153	6,15	-1,12	114	-1,14
76,6	157	4,61	0,00	157	0,00
95,8	165	3,43	0,88	222	0,89

Рассчитанная  $ВД_p = 157$  мкГр пациентов с массой тела 76,6 кг, соответствующей медиане распределения ИМТ в диапазоне от 15-го до 85-го перцентиля распределения ИМТ обследованных, может быть принята в качестве значения локального ДРУ для ЗП проекции рентгенографии грудной клетки, в предположении, что такие условия облучения обеспечивают надлежащую информативность рентгеновских снимков. При этом лучевой контраст снимков для пациентов с массой 63,6 кг снижается на 1 %, а для пациентов с массой 95,8 кг повышается почти на 0,9 %. В обоих случаях изменение лучевого контраста не должно восприниматься глазом человека. В настоящее время в Беларуси республиканские диагностические референтные уровни отсутствуют. Инструкция по применению «Стандарты основных рентгенографических исследований» для входной поверхностной дозы при исследовании грудной клетки в ЗП проекции для среднего взрослого при чувствительности «экран-пленка» класса 400 рекомендует значение не более 300 мкГр. Однако, если в качестве локального ДРУ принимается  $ВД_p = 153$  мкГр, соответствующее массе 63,6 кг, то эта величина окажется неоправданно заниженной в сравнении с дозами, которые необходимы для пациентов со средней массой тела около 96 кг. При работе на РДУ с автоматическим экспонометром  $ВД$  для пациентов

с массой тела около 96 кг окажется около 300 мкГр, т. е. практически в 2 раза больше локального ДРУ. А поскольку наивысшим приоритетом для любого диагностического обследования является достижение качества изображения, достаточного для клинической цели, то потребуются переустановка ДРУ для пациентов с массой около 96 кг. Практика применения концепции ДРУ в других странах показывает, что для сбалансированной оценки величины локального ДРУ целесообразно определять медианное значение дозы для ограниченного числа из 20–50 пациентов в пределах диапазона массы пациентов от 60–65 кг до 75–80 кг со средним значением 70 кг без выделения половой принадлежности.

В наших расчетах для фантома массой 70 кг ВДр оказалась равной 155 мкГр.

Полученные в данной работе коэффициенты для расчета дозы на входной поверхности фантома включены в программный комплекс «Оценка доз», разработанный в НИУ «Институт ядерных проблем» БГУ, который предназначен для экспресс-оценки доз облучения органов и тканей, эффективной дозы облучения и дозы на входной поверхности пациента при рентгенологических исследованиях [5]. Данный программный комплекс может быть использован при разработке ДРУ при проведении рентгенографических исследований.

### Литература

1. Radiation protection in medicine. ICRP Publication 105 // Ann. ICRP. — 2007. — Vol. 37, № 6. — 63 p.
2. Положение о порядке установления и применения граничных доз облучения и референтных уровней [Электронный ресурс]: утв. Приказом М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 31.08.2020 № 881. — Режим доступа: radiology.by. — Дата доступа: 01.09.2023.
3. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135 // Ann. ICRP. — 2007. — Vol. 46, № 1. — 144 p.
4. Adult Reference Computational Phantoms. ICRP Publication 110 // Ann. ICRP. — 2009. — Vol. 39, № 2. — 164 p.
5. Веренич, К. А. Диагностические референтные уровни — новый подход к обеспечению радиационной защиты при медицинском облучении / К. А. Веренич, В. Ф. Миненко // Сахаровские чтения 2023 года: экологические проблемы XXI века: материалы 23-й междунар. науч. конф., Минск, 18–19 мая 2023: в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Белорус. гос. ун-та; редкол.: А. Н. Батын [и др.]; под ред. О. И. Родькина, М. Г. Герменчук. — Минск: ИВЦ Минфина, 2023. — Ч. 1. — С. 318–321.

Поступила 22.09.2023

## РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ДИКОРАСТУЩИХ ЯГОД И ГРИБОВ В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ

Кизеев А. Н., к. б. н., [aleksei.kizeev@mail.ru](mailto:aleksei.kizeev@mail.ru),  
Сюрин С. А., д. м. н., [kola.reslab@mail.ru](mailto:kola.reslab@mail.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия

Широкое использование радиоактивных веществ во многих областях хозяйственной деятельности человека, включая различные отрасли науки и техники, интенсивное развитие атомной энергетики требуют постоянного контроля уровней ионизирующих излучений.

Известно, что депонирование радиоактивных элементов в арктических областях выше, чем в районах умеренного климата [1]. Арктическая зона Российской Федерации (далее — АЗРФ) длительное время загрязнялась техногенными радионуклидами вследствие ядерных взрывов не только в Арктике, но и в других районах мира, включая Китай, Францию и др. В загрязнение арктических территорий помимо глобальных выпадений внесли свой вклад аварии на атомных объектах, среди которых Чернобыльская (1986 г.) стала самой крупной экологической катастрофой как по уровню радиоактивных выбросов, так и по площади загрязнения земной поверхности [2].

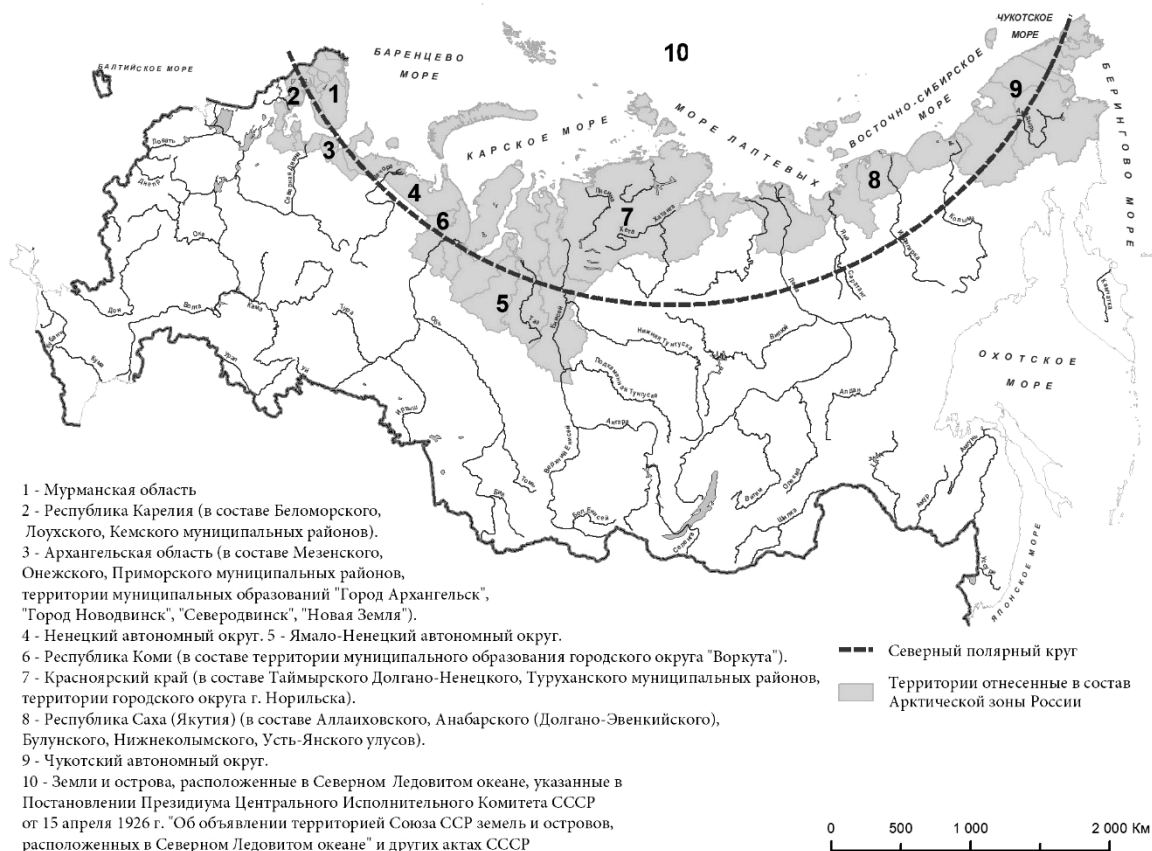
Плоды дикорастущих ягодных кустарничков и грибы пользуются большой популярностью у жителей российской Арктики и широко рекомендуются врачами как источник естественных витаминов, микроэлементов и других необходимых для жизнедеятельности человека полезных веществ.

В последние годы значительную популярность в арктических субъектах Российской Федерации приобретает этногастрономический туризм, предлагающий возможность сбора и употребления дикорастущих ягод и грибов. Однако, поскольку дикоросы являются потенциальными накопителями различных химических веществ, в том числе радионуклидов, употребление их в пищу может обуславливать дополнительную нагрузку на человека. Известно, что потребление в пищу дикорастущих грибов в регионах, подвергавшихся техногенному воздействию, повышает на 75–82 % уровень внутреннего облучения организма. Подобные исследования в АЗРФ не проводились. В этой связи оправдан интерес к изучению накопления техногенных изотопов в дикорастущих ягодах и грибах с точки зрения радиационной безопасности населения российской Арктики.

С целью оценки удельной активности техногенных радионуклидов в ягодах и грибах в АЗРФ были проанализированы данные Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга (далее — ФИФ СГМ) с 2007 по 2020 г. База данных ФИФ СГМ сформирована на основе результатов исследований удельной активности цезия-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) и стронция-90 ( $^{90}\text{Sr}$ ), проведенных территориальными управлениями и центрами Роспотребнадзора.

$^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  являются главными компонентами радиоактивного загрязнения биосферы. Данные изотопы имеют сравнительно большие периоды полураспада, составляющие для  $^{137}\text{Cs}$  30,17 года, а для  $^{90}\text{Sr}$  — 28,79 года. Это больше, чем периоды полураспада у других биологически активных искусственных радионуклидов, таких как  $^{134}\text{Cs}$  (2,06 года),  $^{89}\text{Sr}$  (50,57 суток) и  $^{131}\text{I}$  (8,02 суток). Особенностью поведения  $^{137}\text{Cs}$  в окружающей среде является его высокая биологическая подвижность. Являясь биохимическим аналогом калия,  $^{137}\text{Cs}$  активно поглощается биотой.  $^{90}\text{Sr}$ , являясь аналогом кальция, способен замещать его в живых организмах. Радионуклиды  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  активно включаются в цепочки миграции, увеличивают свою концентрацию в тканях живых организмов более высокого трофического уровня и в конечном итоге поступают в организм человека [3].

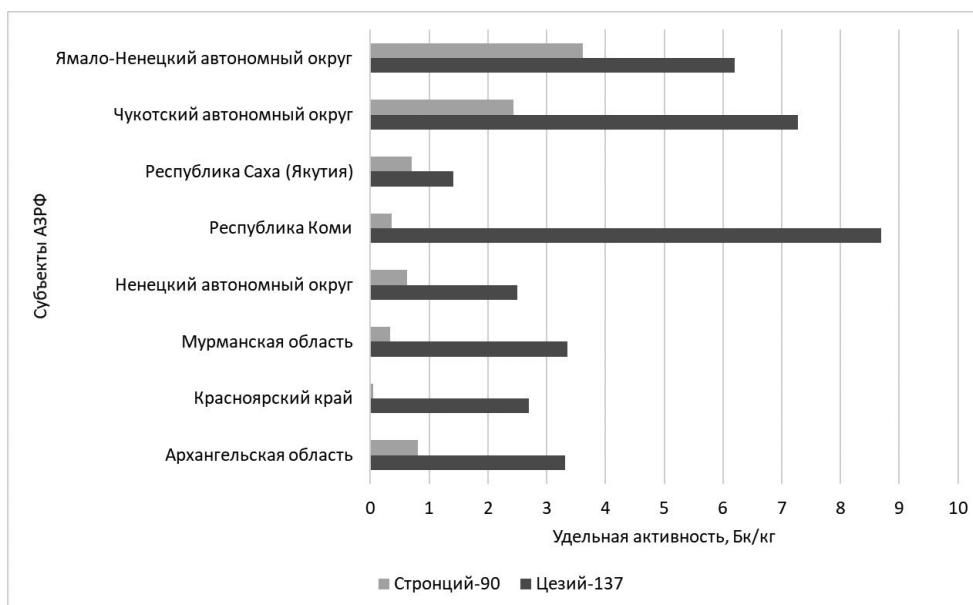
Исследования удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в дикорастущих ягодах и грибах проводились территориальными управлениями и центрами Роспотребнадзора во всех 9 субъектах АЗРФ. Схема административного деления сухопутной части АЗРФ с указанием вышеназванных субъектов Российской Федерации представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1 — Карта-схема территории АЗРФ**  
 (источник: сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, раздел «Состояние окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации» <https://gospodklad-ecology.ru/2017/arkticheskaya-zona-rossiyskoy-federatsii/sostoyanie-kruzhayushchey-sredy/>)

Исследования выполнялись в соответствии с нормативными документами по радиационной безопасности окружающей среды и человека: Федеральным законом «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ<sup>1</sup>, СанПиН 2.6.1.2523-09<sup>2</sup>, СП 2.6.1.2612-10<sup>3</sup> и др. На первом этапе работ в рамках утвержденной программы полевых исследований территориальными управлениями и центрами Роспотребнадзора (кроме Республики Карелия) производился сбор природных образцов. На втором этапе осуществлялась подготовка счетных образцов и анализ содержания в них радионуклидов. Удельная активность <sup>137</sup>Cs определялась гамма-спектрометрическим методом. Счетные образцы для измерения <sup>90</sup>Sr изготавливались с использованием радиохимических методов выделения из измельченных, гомогенизированных и озоленных образцов. На каждый образец оформлялся паспорт пробы, содержащий полную информацию о нем: вид пробы, дата и место отбора, географические координаты.

В дикорастущих ягодах в АЗРФ в 2007–2020 гг. максимальная удельная активность <sup>137</sup>Cs составляла 8,69 Бк/кг, а удельная активность <sup>90</sup>Sr — 3,62 Бк/кг (рисунок 2), т. е. находилась в пределах гигиенических нормативов.



**Рисунок 2 — Удельная активность <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в дикорастущих ягодах в субъектах АЗРФ в 2007–2020 гг. (по данным ФИФ СГМ)**

Минимальные значения удельной активности <sup>137</sup>Cs были отмечены в Республике Саха (Якутия) в 2008 г. и в Ямало-Ненецком АО в 2017 г. (0,01 Бк/кг), а максимальные — в Ямало-Ненецком АО в 2008 г. (49,35 Бк/кг) и в 2014 г. (37,68 Бк/кг). Удельная активность <sup>137</sup>Cs, обнаруженная в дикорастущих ягодах в АЗРФ в 2007–2020 гг., была ниже допустимого санитарного уровня, установленного в России и составляющего 160 Бк/кг (согласно СанПиН 2.3.2.1078-01)<sup>4</sup>, а также допустимого уровня, установленного международными стандартами, — 100 Бк/кг (согласно CODEX STAN 193-1995)<sup>5</sup>.

Максимальное количество <sup>137</sup>Cs в дикорастущих ягодах, обнаруженное в АЗРФ, было существенно ниже, чем в дикорастущих ягодах (чернике), собранных в Республике Беларусь — в Гомельской (183 Бк/кг), Могилевской (176 Бк/кг), Минской (157 Бк/кг) и Гродненской (111 Бк/кг) областях [4]. Значительные величины удельной активности <sup>137</sup>Cs в дикорастущих ягодах в Республике Беларусь объясняются интенсивным радиоактивным загрязнением лесных угодий вследствие аварии на Чернобыльской АЭС.

<sup>1</sup> Федеральный закон РФ «О радиационной безопасности населения». № 3-ФЗ от 09.01.1996 (с изменениями и дополнениями).

<sup>2</sup> СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности. Санитарные правила и нормы (НРБ-99/2009)».

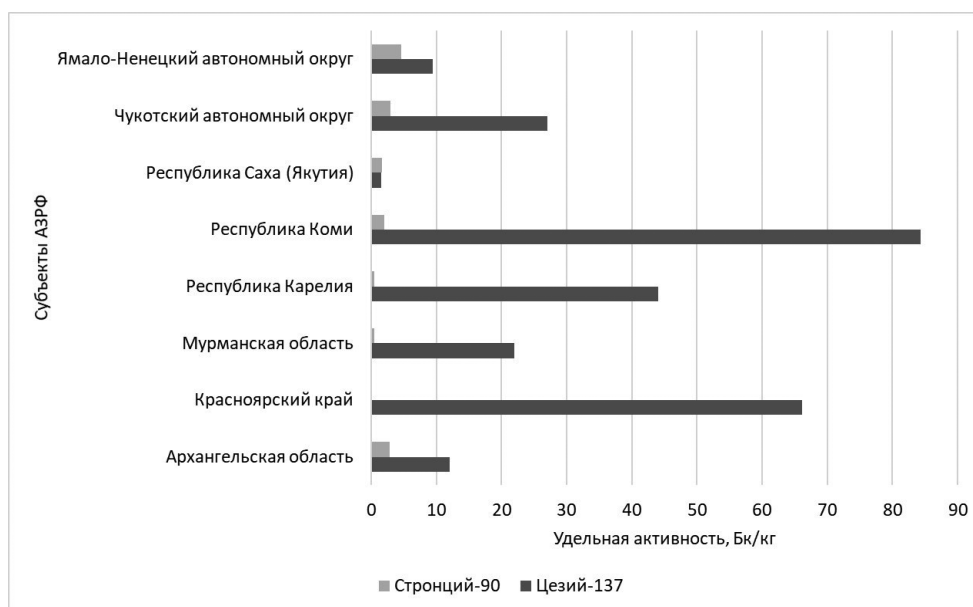
<sup>3</sup> СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)» (в редакции от 16.09.2013).

<sup>4</sup> СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М., 2011 (в редакции от 06.07.2011 г.).

<sup>5</sup> CODEX STAN 193-1995. General standard for contaminants and toxins in food and feed. CXS 193-1995, 1995 (amended in 2019).

Минимальные значения удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  в ягодах были обнаружены в Ямало-Ненецком АО в 2016–2017 гг. (0,01 Бк/кг), а максимальные — в 2008 гг. (49,35 Бк/кг). Удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  была ниже установленного международными стандартами допустимого уровня — 100 Бк/кг, согласно CODEX STAN 193-1995.

В дикорастущих грибах, собранных на территории АЗРФ в 2007–2020 гг., максимальная удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  составляла 66,10 Бк/кг, а удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  — 4,63 Бк/кг (рисунок 3), что находилось в пределах гигиенических нормативов, установленных в России (500 Бк/кг, согласно СанПиН 2.3.2.1078-01).



**Рисунок 3 — Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в дикорастущих грибах в субъектах АЗРФ в 2007–2020 гг. (по данным ФИФ СГМ)**

Минимальные значения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в грибах отмечались в Архангельской области в 2014 г. и в Ямало-Ненецком АО в 2017 г. (0,01–0,02 Бк/кг), а максимальные — в Чукотском АО в 2013 г. (193,40–213,55 Бк/кг). Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в грибах в АЗРФ в 2007–2020 гг. была ниже установленного нормативного уровня — 500 Бк/кг, согласно СанПиН 2.3.2.1078-01.

Минимальные значения удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  были в Ямало-Ненецком АО в 2007 и в 2017 гг., а также в Архангельской области в 2009 г. (0,01 Бк/кг), а максимальные — в Ямало-Ненецком АО в 2008 г. (34,54 Бк/кг) и в 2019–2020 гг. (50 Бк/кг). Удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  была ниже допустимого уровня — 100 Бк/кг, согласно CODEX STAN 193-1995.

Полученные данные подтверждают представление о том, что высокие значения  $^{137}\text{Cs}$  в дикорастущих грибах по сравнению с ягодами в АЗРФ обуславливаются их биологическими особенностями, поскольку грибы обладают способностью интенсивно поглощать и накапливать  $^{137}\text{Cs}$  из почвенного покрова [5].

Таким образом, в результате проведенной работы была получена новая информация о сравнительном содержании основных долгоживущих техногенных радионуклидов —  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в дикорастущих ягодах и грибах в АЗРФ. Концентрация в ягодах и грибах  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  была ниже отечественных и международных санитарных уровней, определяющих радиационную безопасность продовольствия. Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в дикорастущих ягодах в АЗРФ была ниже, чем в Республике Беларусь. Тем не менее, необходимо продолжение радиологических исследований дикорастущих ягод и грибов в арктических субъектах с получением новых данных по количественным и временным показателям, что будет способствовать своевременному выявлению в ягодах дикорастущих кустарничков и в грибах радиоактивных контаминантов, представляющих опасность для здоровья населения в условиях Арктики.

## Литература

1. Матишов, Д. Г. Радиационная экологическая океанология: моногр. / Д. Г. Матишов, Г. Г. Матишов. — Апатиты: Изд-во Кольского науч. центра РАН, 2001. — 417 с.



2. Омельчук, В. В. Радиационно-гигиеническая характеристика глобальных выпадений радионуклидов в арктических регионах России (по данным НИИ радиационной гигиены им. П. В. Рамзаева) / В. В. Омельчук / Радиационная гигиена. — 2020. — Т. 13. — № 4. — С. 51–66. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-4-51-66.

3. Черных, Н. А. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере: моногр. / Н. А. Черных, С. Н. Сидоренко. — М.: Изд-во РУДН, 2003. — 430 с.

4. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия–Беларусь) / под ред. Ю. А. Израэля и Н. М. Богдевич. — М.: Фонд «Инфосфера» — НИА-Природа, 2009. — 140 с.

5. Азовская, Н. О. Исследование степени радиоактивного загрязнения пищевой продукции леса и ее вклад в дозовую нагрузку населения / Н. О. Азовская, В. В. Перетрухин, Г. А. Чернушевич // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. — 2018. — № 2 (210). — С. 251–258.

Поступила 16.08.2023

## ПРОФЕССИИ, НАИБОЛЕЕ ОТРАЖАЮЩИЕСЯ НА ЗДОРОВЬЕ: ЯДЕРНАЯ ИНДУСТРИЯ НА ПОСЛЕДНИХ МЕСТАХ ПО ВРЕДНОСТИ (СИНТЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

Котеров А. Н., д. б. н., [govorilga@inbox.ru](mailto:govorilga@inbox.ru)  
Ушенкова Л. Н., к. б. н., [ushenkova2011@mail.ru](mailto:ushenkova2011@mail.ru),  
Калинина М. В., [m.kalinina.10@gmail.com](mailto:m.kalinina.10@gmail.com),  
Дибиргаджиев И. Г., [idris-dig@mail.ru](mailto:idris-dig@mail.ru)

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства», г. Москва, Россия

По журналистским рейтингам, опросам населения и профессионалов составлены списки самых вредных и/или опасных профессий («Топ 9», «Топ 10» и т. п.; можно найти в интернете), которые формируют определенные стереотипы занятости как в обыденном, так и в обыденно-научном сознании (то есть у научных специалистов иного профиля). Это отражается на общественно-социальных проблемах, на вопросах планирования профессиональной политики, политики компенсаций и т. п. В списках самых вредных/опасных профессий можно увидеть шахтеров, пилотов, военных, водителей и даже врачей, что, по логике, должно наводить на мысль о более высокой смертности представителей данных профессий. И действительно, в Рунете есть, например, такие удивительные публикации: «Почему медики живут меньше своих пациентов. Продолжительность жизни врачей, по данным ВОЗ, составляет в среднем 54 года» (со ссылкой на Ростовский ГМУ; Рос. газета. Федеральный выпуск, № 129. <https://rg.ru/2011/06/17/mediki.html>).

Относительно же шахтеров, пилотов и военных аналогичные примеры явно будут излишними, равно как для занятых в области ядерной индустрии и вообще радиационных воздействий («на урановые рудники») или в химической промышленности («на химию»).

Между тем реальность может быть иной. Ранее нами в цикле синтетических исследований (обзор, систематический обзор, мета-анализ, pooled-анализ; о сути и отличиях между собой двух последних (таблица 1)) была исследована относительная смертность представителей ряда профессий сравнительно с населением [1–3]. Использовался индекс «стандартизованное отношение смертности» (standardized mortality ratio, далее — SMR), который представляет собой средневзвешенное отношение частоты смертности по выделенным возрастным стратам в изучаемой группе (профессиональной и пр.) к соответствующим частотам смертности для некоей стандартной популяции (так как смертность зависит от возраста). В качестве таковой наиболее часто выбирается генеральная популяция (население). Исторически SMR долго являлся самым важным показателем риска для профессиональных воздействий, однако позже он был вытеснен индексом относительного риска (relative risk, далее — RR). Это связано с «эффектом здорового работника» (healthy worker effect, далее — HWE; вмешивающийся фактор — конфаундер), обусловленным тем, что ряд типов селекций (в том числе самоотбор) либо отсевов при занятии трудными и/или вредными профессиями приводят к тому, что популяция работников оказывается в целом здоровее по самым разным показателям,

чем генеральная, в которую входят нетрудоспособные, увечные, безработные, и это становится причиной ущербности контроля.

Поэтому для оценки рисков профессиональных факторов контрольная группа формируется в рамках опытной, но — с наименьшим уровнем экспозиции (индекс RR). Это, однако, не всегда можно выполнить, поскольку не всегда есть возможность дифференцировать группу по уровням воздействия. И в качестве универсальной оценки в таких случаях остается широко распространенный донные индекс SMR, причем продолжительность жизни (то есть критерий благополучия) обратно пропорциональна этому показателю [1–3].

В предыдущих исследованиях нами были сформированы две базы данных (базы источников) — одна для SMR ± 95% CI (доверительные интервалы) по смертности от всех случаев (далее — SMR all causes) и от всех раков (далее — SMR all cancer) сравнительно с генеральными популяциями при разных типах занятости (706 когорт/групп, 689 публикаций; почти нацело — данные для мужчин; 67 типов занятости) [1, 2], а вторая — база данных по медико-биологическим и иным эффектам у работников ядерной индустрии разных стран (34 страны, порядка 2800 источников, на 91 % оригиналы публикаций), в которую входят и исследования SMR у указанного контингента [3]. На основе первой базы была проанализирована частота встречаемости HWE в целом (обнаружена в 52 % случаев для SMR all causes и только в 28 % случаев для SMR all cancer [1]) и по профессиональным группам. Выявились сюрпризы: по частоте встречаемости HWE в подборках исследований лидировали, помимо космонавтов/астронавтов и пилотов, также врачи и работники нефтяной и нефтехимической промышленности [1]. Не было выявлено увеличения смертности водителей (включая такси и дальнобойщиков) [2]. Наиболее же редко HWE имел место при контактах с пылью, асбестом и самыми токсичными тяжелыми металлами [1].

Целью представленного исследования является наглядное обобщение названных данных с позиций профессиональной и обыденной оценки рисков (философии рисков). Проведены также новые мета-анализы по SMR для некоторых наиболее вредных воздействий (пыль, асбест) и уточнены отдельные опубликованные ранее оценки.

Дополнительные мета-анализы (на основе источников в названной базе [1]), как и ранее [1–3], были выполнены с помощью программы WinPepi (vers. 11.60; J. Abramson; Israel). Программа оценивает гетерогенность выборки по коэффициентам «Higgins and Thompson» ( $H$  и  $I^2$ ). При наличии гетерогенности из двух статистических моделей мета-анализа (fixed-effect и random-effect) рекомендуется выбирать вторую, что и имело место для почти всех наших исследований. Программа WinPepi анализирует также публикационное смещение (publication bias; то есть публикацию авторами и издателями только положительных данных) по «Regression asymmetry test» для Funnel plot от M. Egger с соавт. (при  $p > 0,1$  bias считается маловероятным) и позволяет рассчитывать SMR ± 95% CI по отношению числа наблюдаемых (observed) к числу ожидаемых (expected) случаев (в некоторых работах конкретно SMR ± 95% CI авторам не рассчитывались).

О наличии HWE судили исходя из того, что верхняя граница 95% CI для SMR должна быть < 1,0. Сходный подход использовался рядом авторов в рамках как общей, так и радиационной эпидемиологии [1–3].

Результаты исследования представлены в таблице 1. Признаков публикационного смещения в проведенных мета-анализах не обнаружено.

Таблица 1 — Индексы смертности сравнительно с населением для различных профессий и воздействий

Тип занятости или воздействие	SMR all causes (± 95% CI)	SMR all cancer (± 95% CI)
Пилоты коммерческой авиации: pooled-анализ для 10 стран (Европа + США): Hammer G. P. et al., 2014 [3]	<b>0,56</b> (0,54; 0,58); $n = 10$	<b>0,69</b> (0,64; 0,76); $n = 10$
Работники ядерной индустрии 15 стран (без России) до 2007 г.; мета-анализ: Котеров А. Н. и др., 2023с [3] по данным из Vrijheid M. et al. Radiat Res. 2007;167(4):361–79.	<b>0,62</b> (0,56; 0,69); $n = 15$	<b>0,74</b> (0,69; 0,78); $n = 15$
Врачи; настоящий объединяющий анализ* по сводке данных: Котеров А. Н. и др., 2023а [1]	<b>0,66</b> (0,59; 0,73); $n = 30$ (12 стран; 1942–2014 гг.)	<b>0,60</b> (0,53; 0,66); $n = 21$ (10 стран; 1926–2011 гг.)
Военнослужащие США и Великобритании; мета-анализ: McLaughlin R. et al., 2008 [3]	<b>0,76</b> (0,65; 0,89); $n = 10$	<b>0,78</b> (0,63; 0,98); $n = 10$
Деревообрабатывающая промышленность США и Великобритании; pooled-анализ: Demers P. A. et al. Scand J Work Environ Health. 1995;21(3):179–90.	<b>0,77</b> (0,75; 0,79); $n = 5$	<b>0,80</b> (0,76; 0,84); $n = 5$

Индустрия хлопкового текстиля; мета-анализ: Su W.-L. et al. Eur J Epidemiol. 2004;19(11):989–97.	<b>0,79</b> (0,75; 0,83); <i>n</i> = 5	<b>0,70</b> (0,60; 0,81); <i>n</i> = 5
Производство синтетического каучука; мета-анализ: Alder N. et al., 2006 [3]	<b>0,86</b> (0,82; 0,91); <i>n</i> = 31	0,94 (0,89; 1,01); <i>n</i> = 31
Химическая индустрия; мета-анализ: Greenberg R. et al., 2001 [3]	<b>0,90</b> (0,87; 0,92); <i>n</i> = 181	0,99 (0,94; 1,04); <i>n</i> = 181
Производство органических растворителей; мета-анализ: Chen R., Seaton A., 1996 [3]	<b>0,90</b> (0,89; 0,91); <i>n</i> = 85	<b>0,96</b> (0,94; 0,97); <i>n</i> = 85
Водители 9 стран; мета-анализ: Котеров А. Н. и др., 2023b [2]	<b>0,92</b> (0,85; 0,99); <i>n</i> = 14	1,06 (0,96; 1,16); <i>n</i> = 16
Тяжелые металлы наиболее токсичные: Hg, Cd, Pb, Cu; мета-анализ: Котеров А. Н. и др., 2023c [3]	1,03 (0,98; 1,08); <i>n</i> = 19	1,04 (0,98; 1,09); <i>n</i> = 19
Производство акрилонитрила; мета-анализ: Rothman K. J., 1994 [3]	1,03 (0,92; 1,15); <i>n</i> = 12	Нет данных
Производство технического углерода; мета-анализ: Morfeld P. et al., 2016 [3]	1,05 (0,81; 1,34); <i>n</i> = 3	Нет данных
Угольные шахты; мета-анализ: Alif S. M. et al., 2022 [3]	1,14 (1,0; 1,30); <i>n</i> = 21	Нет данных
Пыль различной природы: от кварца, кремнезема, талька, в шахтах и пр.; настоящий мета-анализ	1,14 (1,08; 1,21); <i>n</i> = 18	1,10 (1,02; 1,18); <i>n</i> = 18
Пассивное курение	Отдельное исследование Sandler D. P. et al., 1989 [4]: RR (относительный риск): 1,17 (1,01; 1,36); <i>n</i> = 1**	Мета-анализ Kim A. S. et al., 2018 [5]: OR (отношение шансов): 1,16 (1,06; 1,28); <i>n</i> = 40
Асбест и асбоцемент; настоящий мета-анализ	1,17 (1,11; 1,23); <i>n</i> = 42	1,31 (1,22; 1,4); <i>n</i> = 38
Бета-нафтиламин; мета-анализ: Котеров А. Н. и др., 2023c [3]	1,18 (0,97; 1,38); <i>n</i> = 7	1,15 (0,98; 1,33); <i>n</i> = 7
Бета-нафтиламин; мета-анализ, уточненный здесь***	1,40 (0,99; 1,99); <i>n</i> = 4	1,73 (1,08; 2,78); <i>n</i> = 4
<p>* «Объединяющий анализ» ('combined analysis'; наш термин [2]) состоит в обычной оценке средней тенденции (Mean; Median) после удаления из выборки выпадающих величин (например, по критерию Шовене). Отличается от мета-анализа (meta-analysis) и pooled-анализа (pooled-analysis). Мета-анализ представляет собой суммирование (с учетом особых подходов включения и взвешивания источников по размеру выборок и дисперсии), а затем статистическую обработку <i>конечных</i> результатов отдельных исследований, в то время как pooled-анализ при подобной обработке оперирует совокупностью <i>первичных</i> данных из каждой работы [1–3]. Истинный мета-анализ смертности врачей мы надеемся опубликовать в ином исследовании, хотя его результаты, по прикидкам, будут отличаться не слишком;</p> <p>** практически отсутствуют данные по влиянию пассивного курения на смертность от всех причин; как правило, исследуются отдельные заболевания или их группы (болезни системы кровообращения, раки [5]). Работа [4], судя по поиску источников, является одной из немногих, если не единственной до сих пор;</p> <p>*** ранее в мета-анализе [3] мы объединяли данные семи работ, в которых исследовалось воздействие бета-нафтиламина, однако в трех из них предусматривалась экспозиция данного агента вкуче с иными соединениями (бензидин, анилин и пр.), что могло исказить оценку рисков (например, какие-то работники контактировали не с бета-нафтиламином, а с иными, возможно менее вредными, агентами). Здесь мета-анализ проведен только по тем работам, в которых упоминалось о действии исключительно бета-нафтиламина.</p> <p>Примечание: полужирным выделены данные, свидетельствующие об HWE.</p>		

Как и ранее [1–3], в синтетических исследованиях выявляется отчетливый HWE для ряда неожиданных случаев. Так, нет сомнения в этом эффекте для пилотов (и космонавтов/астронавтов, а также атлетов [1]), которые проходят строгий первичный и перманентный отбор, а также имеют особые условия медицинского контроля и обслуживания (помимо высокого социального статуса). Неожиданным является очень значительный HWE у зарубежных врачей (таблица 1; для медиков из стран СНГ данные не найдены), причем уровень общей смертности у врачей сравнительно с населением статистически значимо уменьшается с каждым десятилетием, начиная с 1940-х гг. ( $r = -0,927$ ;  $p < 0,001$ ) [1]. Мы связали этот успех и прогресс медицины, особенно для смертности от раков, с лучшим медицинским обслуживанием и большей доступностью современной медицины для врачей, поскольку попытки некоторых авторов выявить у медиков настолько больший уровень здорового образа жизни на основе их знаний к успеху не привели [1].

Некоторый отбор, а также улучшенное здравоохранение и материальное обеспечение могут иметься на предприятиях ядерной индустрии, что и обеспечивает, вероятно, столь неожиданно вы-

сокий HWE у данного контингента (таблица 1). HWE обнаружен даже для персонала урановых предприятий в Европе и США (данные не приводятся). Пока что мета-анализ был проведен нами только по данным до 2007 г.; хронологически полное исследование подобного рода запланировано на будущее. И хотя следует учитывать, что с увеличением периода занятости HWE уменьшается [1], вряд ли можно ожидать, что современные нам работники ядерной индустрии сравняются в смертности с населением, в отличие от персонала прежних десятилетий.

Из таблицы 1 видно также, что химическое производство как в целом, так и в некоторых его видах также характеризуется хотя и небольшими, но явными HWE, однако, как правило, не по SMR all cancer, каковой индекс, впрочем, и не повышен. То же самое — и для профессиональных водителей (таблица 1, [2]), причем эта группа включала шоферов прошлых десятилетий, когда еще использовался этилированный бензин [2]. Вряд ли шоферы подвергаются серьезному отбору по здоровью или в большинстве своем исповедуют здоровый образ жизни.

Очевиден вред работы с наиболее токсичными тяжелыми металлами, в угольных шахтах и с пылью различной этиологии, однако и здесь смертность по обоим индексам повышена незначительно — на 3–14 % (то есть налицо охрана труда). Весьма вреден асбест, особенно в плане канцерогенеза: настоящий мета-анализ на обширной выборке выявляет более чем 30%-е превышение смертности от всех раков. Но лидером в нашей базе данных по вредности является бета-нафтиламин, используемый ранее для производства синтетических красителей. SMR по обоим индексам для него значительны — увеличение на 40–73 %.

Следует отметить, что в таблице 1 и в целом ранее [1–3] нами были представлены данные объединенных исследований, интегрирующих совокупности работ. Но если взять отдельные работы, то имели место величины SMR порядка 1,5–3 и даже несколько более (пыль в шахтах, некоторые химикаты (окись этилена, о-толуидин и др.), асбест и пр., ссылки не приводятся). Однако отдельные «выбросы» подобного рода могут быть результатом случайности, недостаточного качества и дизайна исследований, недоучета конфаундеров и смещений. Более близкими к истинной картине рисков являются, конечно, объединяющие синтетические подходы.

Из данных в таблице 1 следует также некая философская проблема оценки рисков, в частности — пассивного курения. С одной стороны, эти риски по эпидемиологическим канонам очень невелики и трудно доказуемы в обсервационных исследованиях. Так, согласно наиболее принятой шкале Монсона (R. R. Monson; США), величина RR до 1,2 расценивается как отсутствие эффекта, а RR = 1,2–1,5 рассматривается как «слабая ассоциация» (о градациях и шкалах риска см. наш обзор в «Медицинской радиологии и радиационной безопасности» за 2019 г. (№ 4); [2]). То есть пассивное курение как по общей смертности, так и по смертности от всех раков может рассматриваться как незначительное по рискам (смертность от рака легкого, однако, повышается на 20–30 % [5]). И на этот момент, на эпидемиологическую незначительность эффекта пассивного курения при всем общественно-социальном ажиотаже и фобиях, ранее обращалось внимание как зарубежными авторами, так и нами [2].

Настоящее исследование, однако, смещает философские аспекты оценки рисков: из таблицы 1 видно, что риск пассивного курения по обоим индексам смертности *сравним* с наиболее вредными производствами, предусматривающими пылевые и асбестовые экспозиции, а также работу в угольных шахтах. И оказывается выше, чем «химия» в целом и в частности (включая тяжелые металлы), а также «урановые рудники». В то же время вызывает оптимизм то, что риски для многих типов вредных производств или отсутствуют (и даже имеется HWE там, где трудно ожидать первичной селекции персонала), или очень невелики (таблица 1).

Учитывая специфику нашего учреждения и соответствующих тем НИР, данные по высокому уровню HWE для работников ядерной индустрии представляются особенно важными, ибо они способствуют формированию благоприятного имиджа занятости в атомной энергетике.

## Литература

1. Котеров, А. Н. База данных по стандартизованному отношению смертности (SMR all causes и SMR all cancer) для различных профессий (706 когорт / групп): максимальный «эффект здорового работника» — у космонавтов и врачей / А. Н. Котеров, Л. Н. Ушенкова, И. Г. Дибиргаджиев // Медицина труда и промышл. экология. — 2023. — Т. 63, № 3. — С. 179–192.
2. Котеров, А. Н., Смертность профессиональных водителей 9 стран: систематический обзор и мета-анализ / А. Н. Котеров, Л. Н. Ушенкова // Медицина труда и промышл. экология. — 2023. — Т. 63, № 5. — С. 315–326.
3. «Эффект здорового работника» по показателям общей смертности и смертности от злокачественных новообразований у персонала предприятий ядерной и химической индустрии:

мета-анализы / А. Н. Котеров [и др.] // Мед. радиология и радиац. безопасность. — 2023. — Т. 68, № 4. — С. 43–50.

4. Deaths from all causes in non-smokers who lived with smokers / D. P. Sandler [et al.] // Am. J. Public Health. — 1989. — Vol. 79, № 2. — P. 163–167.

5. Exposure to secondhand smoke and risk of cancer in never smokers: a meta-analysis of epidemiologic studies / A. S. Kim [et al.] // Int. J. Environ. Res. Public. Health. — 2018. — Vol. 15, № 9. — Art. E1981.

Поступила 25.08.2023

## РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ МЕТОДА ОЦЕНКИ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЗАПРОЕКТНОЙ АВАРИИ НА АЭС В РАМКАХ УЧЕНИЙ «СКАЛА — 2023»

Кочергина Н. С., *zav\_radsafety@rspch.by*,

Николаенко Е. В., к. м. н., *radiation.safety@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

На базе республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» создан в 2018 г. и функционирует Ситуационно-кризисный центр (далее — СКЦ НПЦГ), который является подразделением ситуационного кризисного центра Министерства здравоохранения Республики Беларусь (далее — СКЦ Минздрава). СКЦ НПЦГ состоит из специалистов лаборатории радиационной безопасности. В задачи СКЦ входит прогноз и оценка последствий радиационных аварий на атомных электростанциях, включая:

- прогноз и оценку доз облучения населения;
- оценку данных радиационного аварийного мониторинга;
- оценку эффективности защитных мероприятий;
- подготовку рекомендаций по организации медицинского аварийного реагирования и проведению лечебно-профилактических мероприятий при аварийной ситуации на АЭС;
- оказание информационно-аналитической поддержки принятия решений комиссии по чрезвычайным ситуациям Министерства здравоохранения Республики Беларусь.

СКЦ НПЦГ 4 сентября 2023 г. принял участие в специальных учениях спасательных подразделений ОДКБ «Скала — 2023» (далее — учения). В рамках учений СКЦ НПЦГ были выполнены прогноз и оценка гипотетического сценария запроектной аварии на первом блоке Белорусской АЭС (далее — БелАЭС) — разрыв первого контура реакторной установки, а именно горячей нитки 1-й петли горячего циркуляционного трубопровода первого контура с суммарным выбросом в атмосферу  $2,12 \times 10^{16}$  Бк.

Таблица 1 — Вводные параметры для моделирования запроектной аварии на БелАЭС

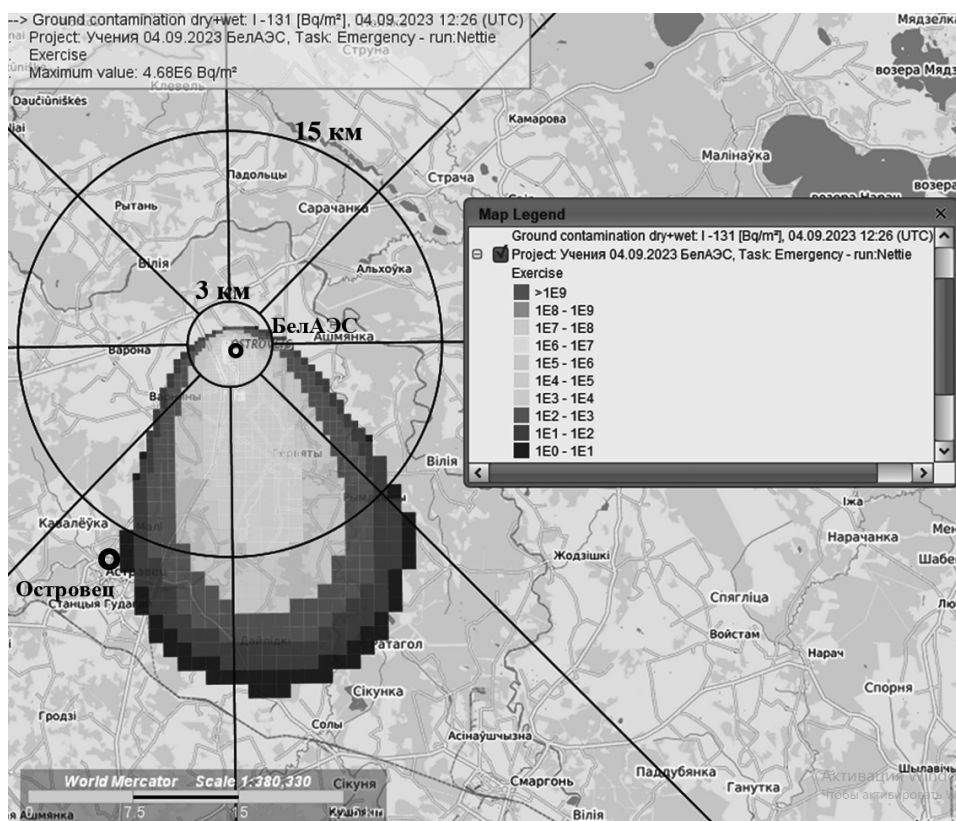
Продолжительность выброса, мин	33
Высота выброса, м	100
Направление ветра, °	350
Скорость ветра, м/с	0,5
Категория устойчивости атмосферы	A
Осадки, мм	0

Для прогнозирования последствий аварийных сценариев на атомных станциях использовался программный пакет JRODOS (Java-based Realtime Online Decision Support System), разработанный Технологическим институтом Карлсруэ (KIT), Германия [1]. JRODOS содержит несколько моделей атмосферного переноса (ATSTEP, RIMPUFF, DIPLOT), модель ранних контрмер (EmerSIM), модель переноса радиоактивного материала в пищевые продукты, а затем в организм человека (FDMT), модели расчета краткосрочных и долгосрочных доз внутреннего и внешнего облучения, гидрологические модели (модель смыва, перенос по речным сетям, морская модель), модели поздних контрмер и мониторинга (ERMIN, IAMM) и др. [2]. JRODOS в качестве входных данных использует дан-

ные о типе и мощности реактора, наличии определенных систем защиты, метеорологических условий. В модели JRODOS заложены принципы радиоэкологического прогнозирования с учетом различных типов выпадений, поведения людей, защитных свойств зданий и сооружений, рационов питания населения, особенностей перехода радионуклидов по пищевым цепям и т. д. [1].

Результаты прогнозирования последствий аварии с помощью моделей позволяют на количественном уровне оценить необходимость проведения защитных мероприятий в случае гипотетической аварии на АЭС.

Для моделирования атмосферного переноса радиоактивного загрязнения и выпадения радионуклидов на подстилающую поверхность использовалась модель RIMPUFF (Risø Mesoscale PUFF model) — это Лагранжевая мезомасштабная модель атмосферной дисперсии, предназначенная для расчета активности радионуклидов и доз облучения, возникающих в результате диспергирования рассеянных в воздухе материалов (рисунок 1).



**Рисунок 1 — Результаты прогнозирования концентрации  $^{131}\text{I}$  в атмосферных выпадениях через 6 часов с момента возникновения аварии (Max —  $4,68 \times 10^6$  Бк/м<sup>2</sup>) в случае гипотетической аварии с суммарным выбросом в атмосферу  $2,12 \times 10^{16}$  Бк**

Согласно полученным результатам, при вышеуказанной вводной максимальное значение суммарной эффективной дозы облучения за 24 часа с момента начала выброса составит 28 мЗв на площадке БелАЭС и не превысит 100 мЗв — общий критерий реагирования, установленный гигиеническим нормативом «Критерии оценки радиационного воздействия», утвержденным Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29.11.2022 № 829 [3]. За пределами площадки общие критерии реагирования превышены не будут. Максимальная эффективная доза за 7 дней не превысит общие критерии реагирования и составит 2,7 мЗв на территории промышленной площадки БелАЭС. За пределами промплощадки эффективные дозы будут гораздо ниже, и не потребуются проведения таких защитных мер, как укрытие или эвакуация (рисунок 2).

Суммарная эффективная доза за 1 год не превысит критерии реагирования и составит 62 мЗв в точке выброса на территории промплощадки, а за 30 суток — 7,4 мЗв. На основании этих данных не требуется переселения и эвакуации населения за пределами площадки.

Эквивалентная доза облучения ЩЖ (щитовидная железа) для взрослого человека за 7 суток превысит критерий реагирования 50 мЗв только в пределах промышленной площадки БелАЭС на расстоянии 1 км от точки выброса, максимальное значение составит 307 мЗв в точке выброса

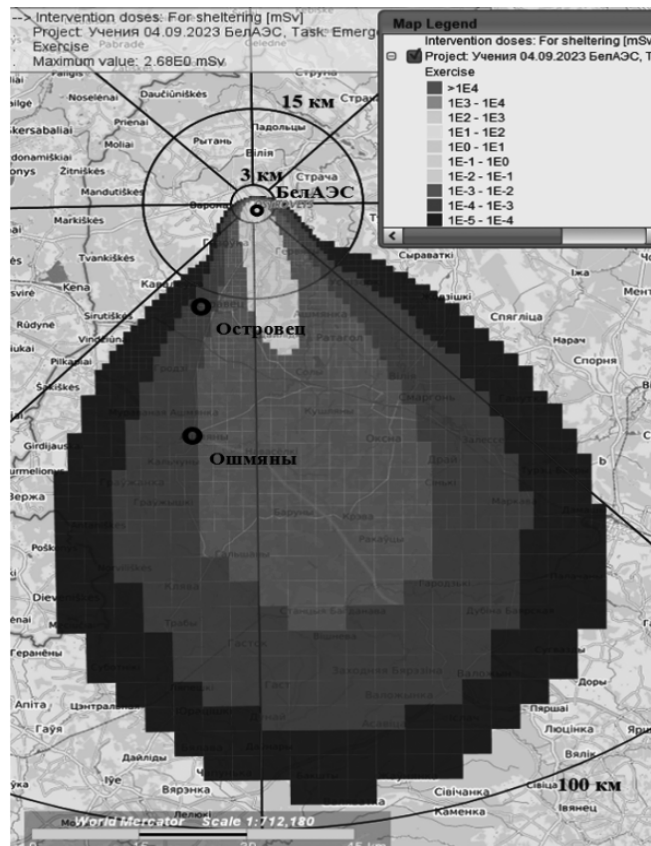


Рисунок 2 – Результаты прогнозирования суммарной эффективной дозы облучения населения через 7 суток с момента возникновения аварии (Мах – 2,7 мЗв) в случае гипотетической аварии с суммарным выбросом в атмосферу  $2,12 \times 10^{16}$  Бк

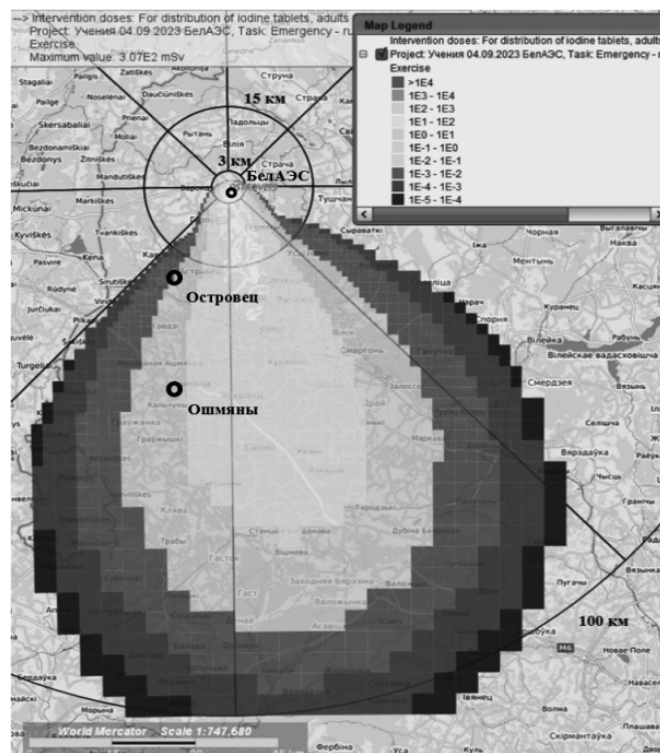


Рисунок 3 – Результаты прогнозирования эквивалентной дозы облучения ЩЖ взрослого человека через 7 суток с момента возникновения аварии (Мах – 307 мЗв) в случае гипотетической аварии с суммарным выбросом в атмосферу  $2,12 \times 10^{16}$  Бк

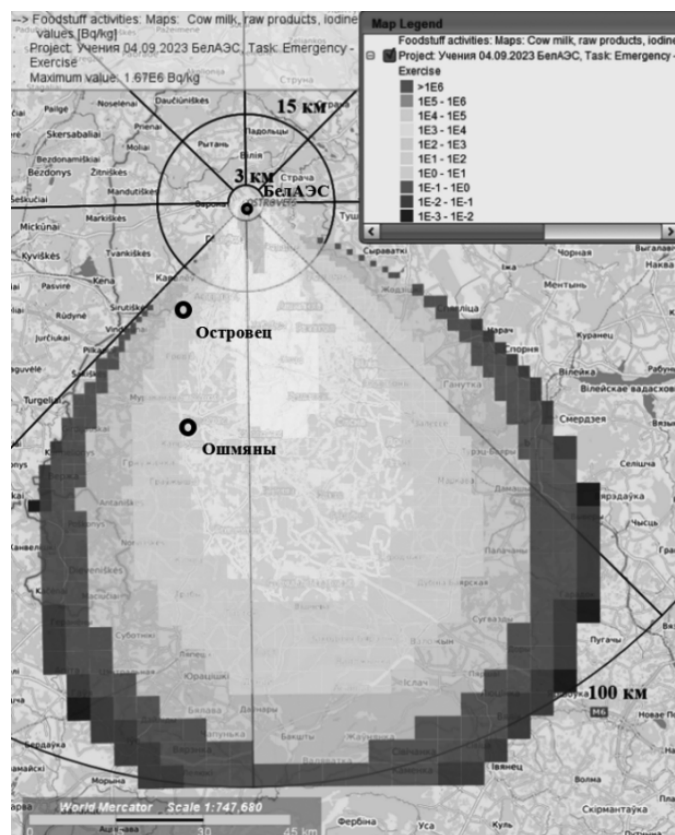


Рисунок 4 – Прогнозная оценка объемной активности  $^{131}\text{I}$  в молоке (Max –  $1,7 \times 10^6$  Бк/л) в случае гипотетической аварии с суммарным выбросом в атмосферу  $2,12 \times 10^{16}$  Бк

(рисунок 3). За пределами промышленной площадки превышений эквивалентных доз облучения ЩЖ населения не прогнозируется.

Введение запрета на употребление продуктов питания потребует на расстоянии до 85 км, а именно в радиусе расширенного планирования 100 км (далее – РРП). В пределах данной зоны радиоактивного загрязнения пищевых продуктов требуется планирование проведения первоочередного аварийного радиационного мониторинга (рисунок 4).

В таблице 2 представлены результаты прогнозирования радиоактивного загрязнения пищевых продуктов и расстояния, в пределах которых будут превышены нормативы – действующие уровни вмешательства-7 (ДУВ7) – удельная активность радионуклидов в пищевых продуктах (лиственные овощи, молоко) и питьевой воде:  $^{131}\text{I}$  – 1000 Бк/кг,  $^{137}\text{Cs}$  – 200 Бк/кг [3].

Таблица 2 – Результаты прогнозирования радиоактивного загрязнения пищевых продуктов и расстояния, в пределах которых будут превышены нормативы (ДУВ)

Радионуклид	Расстояние, до какого превышен норматив, км	
	МОЛОКО	ЛИСТОВЫЕ ОВОЩИ
$^{131}\text{I}$	42	70
$^{137}\text{Cs}$	70	85

По результатам выполненного прогнозирования последствий гипотетической запроектной радиационной аварии на АЭС были сформированы рекомендации в отношении необходимости введения защитных мер в первые часы и сутки после аварии:

- проведение йодной профилактики всех людей, находящихся на промышленной площадке БелАЭС (в радиусе от точки выброса 1 км);
- введение запрета на потребление пищевых продуктов в пределах РРП (на расстоянии 85 км);
- проведение аварийного радиационного мониторинга местных продуктов в ранней фазе аварии, в первую очередь в пределах РРП до 85 км от точки выброса;
- не требуется никаких других защитных мер за пределами площадки.



Результатом проведенных учений по реагированию на запроектную радиационную аварию на БелАЭС для СКЦ НПЦГ стали следующие: отработаны навыки взаимодействия с другими центрами в системе СКЦ, проведена проверка скорости прогнозирования и разработки рекомендаций по корректировке защитных мер, установлен перечень мер по улучшению работы СКЦ.

## Литература

1. JRodos: An off-site emergency management system for nuclear accidents / Karlsruhe Institute of Technology (KIT). — Karlsruhe, 2017. — 22 p.
2. Ievdin, I. JRodos Customization Guide / I. Ievdin, D. Trybushnyi, C. Landman; Karlsruhe Institute of Technology (KIT). — Karlsruhe, 2017. — 98 p.
3. Критерии оценки радиационного воздействия [Электронный ресурс]: гигиен. норматив: утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 г. № 37: в ред. Постановления Совета Министров Республики Беларусь от 29 ноября 2022 г. № 829) // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2022.

Поступила 03.10.2023

## ЛИКВИДАЦИЯ «ОБЪЕКТА ЯДЕРНОГО НАСЛЕДИЯ», ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ПЕРСОНАЛА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Мамин А. И., к. м. н.,*

*Поволоцкий Ю. М., к. т. н.,*

*Поротова В. Ю., ot@subi.su,*

*Романов С. А., к. б. н., romanov@subi.su*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Южно-Уральский институт биофизики» Федерального медико-биологического агентства, г. Озерск, Россия

В ФГБУН «Южно-Уральский институт биофизики» ФМБА России (далее — ЮУриБФ) с 1970 по 1997 г. в здании 2К проводились эксперименты и опыты на животных с применением радиоактивных веществ (плутоний-239, плутоний-238, америций-241, стронций-90 и другие изотопы). Это была крупнейшая экспериментальная площадка работы с радиоактивными веществами в СССР и вторая в мире после Арагонской национальной лаборатории в США. В здании 2К, расположенном на территории ЮУриБФ, произошло в разной степени загрязнение помещений, оборудования и материалов радиоактивными веществами.

Целью работы по ликвидации здания 2К являлось снятие социальной напряженности, создание безопасных условий для населения и окружающей среды путем перевода в безопасное состояние радиационно-опасного объекта. Безопасное состояние достигается за счет демонтажа здания 2К.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ № 444 от 13.07.2007 «О Федеральной целевой программе „Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года“» здание 2К было включено в 100 потенциально опасных объектов РФ.

### Радиационная обстановка в здании 2К

Здание 2К представляло собой трехэтажное здание с техническим этажом. Все помещения и соединяющие их коридоры использовались для проведения экспериментальных работ с животными, связанных с введением радионуклидов в их организм и изучением последствий такого воздействия. В связи с этим помещения оказались загрязнены в разной степени различными радионуклидами.

В 1997 г. экспериментальные исследования на лабораторных животных были прекращены. Рабочие места были ликвидированы. Здание было отключено от коммуникаций.

Проведенная в 2008 г. оценка радиационной обстановки в здании 2К была произведена силами специалистов ЮУриБФ и специалистов ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии № 71 Федерального медико-биологического агентства» (далее — ФГБУЗ ЦГиЭ № 71 ФМБА России). Проводились измерения плотности альфа- и бета-поток, мощности дозы гамма-излучения полов помещений.

Наиболее грязные полы были в хранилище радиоактивных веществ, фасовочной, затравочных на первом этаже: до 20 альфа-част/см<sup>2</sup> × мин и до 650 мкР/час. Относительно чистыми полы были в помещениях второго этажа. На третьем этаже наиболее сильно были загрязнены поме-

щения так называемого плутониевого блока, особенно ингаляционные комнаты. Уровни загрязнения полов под пластиком в этих комнатах достигали 100 альфа-част/см<sup>2</sup> × мин и 320 мкР/час на пластике.

Была проведена оценка загрязненности воздуховодов вентиляционных систем. При этом вентиляция не вскрывалась, мазок площадью около 10 см<sup>2</sup> отбирался «вслепую» в той части воздуховода, которая непосредственно примыкала к боксу или ингаляционной камере. Наибольшее содержание плутония в мазке обнаружено в одном из боксов фасовочной (более 14 000 Бк/см<sup>2</sup>). Загрязнены до нескольких сотен Бк/см<sup>2</sup> воздуховоды в ингаляционных камерах. Загрязнение свыше 1500 Бк/см<sup>2</sup> обнаружено в мазке, взятом в воздуховоде, в котором проводилось растворение и озонирование тканей.

В здании 2К было расположено многочисленное оборудование, с помощью которого производились экспериментальные работы: ингаляционные камеры, вытяжные боксы, горячие камеры для приготовления растворов, весы, муфели, сушильные шкафы и пр. Оценка загрязненности этого оборудования не производилась.

Учитывая такие высокие уровни загрязнения и то, что здание 2К, как было указано выше, располагалось на территории ЮУрИБФ, а сам институт — на территории селитебной зоны г. Озерска, демонтаж здания 2К следовало проводить с особыми предосторожностями, с применением таких методов и средств дезактивации, локализации, сорбции или десорбции радиоактивных веществ, которые позволили бы предупредить малейшее загрязнение персонала и окружающей среды.

#### **Краткое описание работ по ликвидации здания 2К**

Перед началом демонтажа здания 2К были проведены подготовительные работы, а именно:

1. Была проведена инвентаризация химических веществ и радиоактивных растворов (радионуклидный состав, валентность, объемы), оставшихся в здании 2К, и их перевод из жидкого состояния в твердые осадки с целью последующего их захоронения.

2. Была оборудована наблюдательная скважина для контроля за возможной миграцией радионуклидов в грунтовые воды.

3. Был приведен в полную готовность санпропускник: четкое разделение «чистой» и «грязной» зон, шкафчики для переодевания в этих зонах, установление дозиметрических приборов (в частности, приборов ДКС-96 и «ТИСС» для контроля за альфа- и бета-загрязнениями рук, спецодежды, спецобуви). Электрооборудование, электроснабжение, водопроводные и канализационные сети проверены, апробированы и пущены в эксплуатацию.

4. Были проведены работы по вывозу оборудования и материалов, не имеющих радиоактивных загрязнений, из комнат и помещений здания 2К (стеллажи, столы, стулья, шкафы для химической посуды и книг, холодильники, муфельные печи, сушильные шкафы и т. п.). Твердые нерадиоактивные отходы были вывезены спецтранспортом на полигон ТБО г. Озерска.

5. Проведены работы по демонтажу основной вентиляционной трубы, установленной на технологическом этаже здания 2К. После снятия трубы были проведены тщательные дозиметрические измерения ее внешних и внутренних поверхностей. Измерения показали, что поверхности вентиляционной трубы не имели радиоактивного загрязнения (и по плотности альфа- и бета-поток, и по мощности дозы гамма-излучения). Поэтому труба была сдана на металлолом.

После подготовительных работ проводился постепенный демонтаж с проведением дезактивационных работ здания 2К с технического этажа до первого этажа. Изначально были демонтированы приточно-вытяжные системы, спецфильтры в комнатах и помещениях здания 2К. Проведена их сортировка на чистое оборудование и на оборудование, имеющее радиоактивное загрязнение. Все они были складированы в разные помещения, отведенные для их сбора.

Радиоактивные отходы, включая штукатурку и бетонные стяжки, были затарены в контейнеры, которые были складированы на первом этаже в специально выделенном помещении. Сюда же были спущено габаритное оборудование: ингаляционные камеры, «горячие» тяжелые боксы, вытяжные шкафы, затравочные боксы.

#### **Краткая технология дезактивации**

Все работы по демонтажу технологического оборудования, установок, аппаратуры, приборов и т. п. проводились при тщательном дозиметрическом и радиометрическом контроле для предупреждения малейшего загрязнения персонала и окружающей среды. Все работающие в здании 2К проходили полное переодевание в санпропускнике, постоянно использовали средства индивидуальной защиты органов дыхания, средства индивидуального дозиметрического контроля и по окончании рабочего дня проходили внешний дозиметрический контроль. Проводились биофизические исследования персонала на предмет внутреннего облучения радионуклидами. Превышений установленных контрольных и допустимых уровней не зафиксировано.

### **Особенности дезактивации оборудования и коммуникаций**

Демонтированные и дезактивированные части оборудования упаковывались с помощью ткани толщиной 4 мм и пленки толщиной 150 мкм с фиксацией скотчем.

Перед демонтажем оборудования проводилось обеспыливание участка пола, затем этот участок застилали полиэтиленовой пленкой. При проведении дезактивационных работ оборудования и коммуникаций с высокими уровнями радиоактивного загрязнения оборудовалось герметичное укрытие «Шатер» для защиты персонала от загрязнений. В нем с помощью фильтровентиляционной установки, созданной на базе дымососа «Лиана», создавался направленный поток воздуха (5–10 м/с со стороны работающего). Этот же воздух очищался на фильтрах Д-13/3 и вновь подавался в «Шатер». Обеспыливание проводилось пылесосом «Kärcher». Для предупреждения образования радиоактивных аэрозолей осуществлялась дезактивация внутренних и наружных поверхностей боксов грунтовой краской. Оборудование, имеющее высокие уровни загрязнения, покрывалось красной краской.

Демонтаж спецвентиляции и спецфильтров проводился с помощью специальных приспособлений, созданных на базе фильтровентиляционной установки, позволяющих улавливать радиоактивные аэрозоли, бетонную крошку и предупреждать попадание радиоактивных аэрозолей в воздух производственных помещений.

Демонтаж линий спецканализации велся с применением местного отсоса и с тщательной герметизацией концов. Проводилась дезактивация инструментов и пола, замена фильтра в дымососе, ветоши в поддонах, замена защитных пленок на полах после резки спецканализации.

Применяемая система проведения дезактивационных работ позволяла предупредить миграцию радиоактивных аэрозолей в воздух производственных помещений и атмосферный воздух. Например, при проведении радиационного контроля при демонтаже «тяжелого» бокса в хранилище радиоактивных веществ уровни загрязнения пола в местах его расположения достигали до 100 альфа-част/м<sup>2</sup> × мин, а уровни загрязнения радиоактивными веществами средств индивидуальной защиты органов дыхания — до 3 альфа-част/м<sup>2</sup> × мин, спецодежды — до 2 альфа-част/м<sup>2</sup> × мин, спецобуви — до 10 альфа-част/м<sup>2</sup> × мин.

Таким образом, дезактивация всех комнат, помещений и коридоров здания 2К проведена в полном объеме. Все образовавшиеся при демонтаже твердые радиоактивные отходы помещены в металлические контейнеры.

### **Транспортирование контейнеров с твердыми радиоактивными отходами на временное хранение на ФГУП «ПО «Маяк»**

Для транспортирования твердых радиоактивных отходов на временное хранение были проведены подготовительные работы.

Все контейнеры были пронумерованы и оформлены карты расположения этих контейнеров. Перед помещением твердых радиоактивных отходов в контейнеры проводились дозиметрические измерения для определения активности контейнера. На каждый контейнер составлен паспорт образца ФГУП «ПО „Маяк“» (далее — ПО «Маяк») с указанием вида твердого радиоактивного отхода, активности, основных радионуклидов и т. п.

Был разработан регламент транспортировки твердых радиоактивных отходов с территории ЮУрИБФ до места временного хранения на территории ПО «Маяк».

Часть оборудования (вытяжные шкафы, затравочные боксы, длинномерные отходы) в связи с невозможностью размещения в контейнеры после снятия навеса над первым этажом здания 2К извлекалась с помощью крана и также транспортировалась на ПО «Маяк».

По проекту за 2013–2015 гг. должно было быть демонтировано, дезактивировано и вывезено около 2000 м<sup>3</sup> отходов. На временное хранение на ПО «Маяк» благодаря проведению большой работы по кондиционированию отходов объем твердых радиоактивных отходов уменьшился до 500 м<sup>3</sup>, на которые составлены 219 паспортов, подписанные официальными представителями ПО «Маяк» и ЮУрИБФ.

В связи с введением закона 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами» твердые радиоактивные отходы, образовавшиеся после 2011 г., не попали под программу первичной регистрации радиоактивных отходов. Вопрос об их дальнейшем захоронении в настоящий момент не решен.

### **Ликвидация здания 2К**

После завершения дезактивационных работ и вывоза контейнеров с твердыми радиоактивными отходами в соответствии с Проектом здание должно быть ликвидировано.

После демонтажа кирпичных стен, стен из стеклоблоков, демонтажа крупнопанельных железобетонных перегородок проводилась рекультивация территории.

## Мониторинг окружающей среды в районе расположения здания 2К

1. С целью контроля за возможным поступлением радиоактивных аэрозолей из здания 2К было установлено 2 планшета с тканью Петрянова на расстоянии от этого здания. Через каждые 30 дней экспозиции пробы вынимались и доставлялись в аккредитованный испытательный лабораторный центр ФГБУЗ ЦГиЭ № 71 ФМБА России для проведения радиохимического и радиометрического анализов. Значения активности бета-излучающих нуклидов в десятки, сотни раз ниже значений контрольных уровней плотности радиоактивных выпадений из приземного слоя атмосферы. Это же относится и к альфа-активным веществам.

2. Проводились дозиметрические измерения в районе здания 2К. Мощность дозы гамма-излучения в санитарно-защитной зоне здания 2К и в контрольном районе была на уровне флуктуации естественного радиоактивного фона, характерного для этого района, — от 7 до 15 мкР/ч. Плотность бета-потоков составляла от 5 до 8 част/м<sup>2</sup> × мин, альфа-потоков — от 0,1 до 0,5 част/м<sup>2</sup> × мин, что также в пределах колебаний естественного радиоактивного фона.

3. Ежегодно отбиралась проба воды из грунтовой скважины, пробуренной вблизи здания 2К. Проведенный мониторинг грунтовых вод в районе здания 2К показал, что суммарная альфа-активность в воде, суммарная бета-активность, содержание стронция-90, цезия-137 были ниже допустимых уровней.

Вышеприведенные результаты плотности выпадений радиоактивных аэрозолей, дозиметрических измерений и мониторинг радиоактивного загрязнения грунтовых вод свидетельствовали об отсутствии миграции радиоактивных веществ из демонтируемого здания 2К.

В результате выполнения работ по ликвидации здания 2К ЮУрИБФ — демонтажа перекрытий, железобетонных конструкций, колонн, перегородок, кирпичных стен, вывоза на полигоны ПО «Маяк» контейнеров и длинномерных ТРО, вывоза на полигон ТБО г. Озерска строительных отходов, не загрязненных радиоактивными веществами, рекультивации территории, на которой находилось здание 2К, завершена реабилитация здания 2К (215) ЮУрИБФ в соответствии с техническим заданием, утвержденным ФМБА России.

Все работы проводились в соответствии с требованиями норм и правил при работе с радиоактивными веществами и твердыми радиоактивными отходами, методическими инструкциями, инструкциями по радиационной безопасности, технике безопасности. Все это позволило предотвратить миграцию радионуклидов из здания 2К в окружающую среду, персонал и работники ЮУрИБФ не получили дополнительную дозовую нагрузку.

Поступила 05.10.2023

## ГОРМЕЗИС КАК ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ

<sup>1,2</sup>Охрименко С. Е., к. м. н., доцент, ooniii@mail.ru

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства», г. Москва, Россия

В последние десятилетия ведущим фактором облучения стало медицинское диагностическое облучение, и прежде всего рентгеновское, в котором ведущее место заняла компьютерная томография (далее — КТ). Несмотря на требования по оптимизации доз (обоснованность назначений, разработка оптимальных или референтных диагностических уровней), до настоящего времени не предложено реальных механизмов изменения динамики медицинского облучения. Постоянно растет количество исследований и доза облучения, что ведет к росту потенциальных радиогенных рисков. Между тем исследования в области радиобиологии и эпидемиологии постоянно выявляют положительные эффекты облучения в различных диапазонах доз (гормезис). Анализ литературных данных и результатов собственных исследований дает основание предполагать, что эти эффекты могут иметь практическое значение для процедур оптимизации медицинского облучения.

Цель — обоснование возможности применения эффекта гормезиса в процедуре оптимизации облучения населения при проведении компьютерной томографии.

Анализируются данные литературных источников о дозах облучения населения, значении медицинского облучения и роли компьютерной томографии в формировании дозовой нагрузки, существующие подходы к оценке последствий облучения и результаты собственных исследований.

По данным радиационно-гигиенической паспортизации РФ, основным факторам облучения относятся природное (76,55 %), медицинское (23,25 %) и техногенное (0,2 %). Основным инструментом оценок результатов облучения является эффективная доза (далее — ЭД), а модель облучения базируется на линейной беспороговой консервативной концепции-гипотезе (далее — ЛБК), отражающей механизм действия радиации на ДНК. В последнее десятилетие все большее значение приобретает медицинское облучение, как по количеству радиологических процедур и темпам их роста, так и по уровням облучения. Основным дозообразующим фактором здесь являются рентгеновские диагностические исследования (далее — РДИ), среди которых основной вклад в дозу дает компьютерная томография, при том, что по количеству исследований она находится на уровне 10 %, но вклад в дозу превысил 60 % (НКАДР ООН, 2021 г.). По данным МАГАТЭ, растет как среднее число КТ-сканирований — 13,4, так и максимальное — до 70 КТ на пациента, а кумулятивные дозы в отдельных случаях составляют до 100 мЗв и более [1]. Аналогична ситуация и в России. Общее количество РДИ выросло за период 2005–2021 гг. со 193 до 281 млн, а коллективная доза в 2022 г. составила 142 000 чел.-Зв. При этом средняя индивидуальная доза длительное время оценивается на уровне 0,5–0,7 мЗв. Между тем в 2022 г. только в Москве проведено 25 800 000 рентгенологических процедур, в том числе 3 351 120 КТ. В то же время в Европе и США дозы значительно выше, хотя ЭД как инструмент оценки применяется все реже. Тем не менее, уже в 2003 г. средняя индивидуальная ЭД в Германии оценивалась на уровне 2 мЗв, а в США к 2012 г. достигла 3 мЗв. В последние годы появляется много публикаций, посвященных развитию радиогенных раков у детей после проведения КТ при дозах менее 5 мЗв за одно исследование. С учетом уровней, достигнутых в Европе и США в первом десятилетии XXI в., и темпов роста РДИ можно предполагать, что и среднее значение в России будет реально находиться в диапазоне 1–5 мЗв и в этом случае составлять до 50 % в структуре облучения. Необходимо отметить, что медицинское облучение существенно отличается по механизму воздействия и формирования дозы от природного и техногенного (неравномерное, дискретный («импульсный») характер, высокие мощности дозы, формируется на протяжении всей жизни).

Для рентгеновской диагностики не существует ограничений по дозе, как в области техногенного облучения, но реализуется концепция оптимизации на основе принципа обоснованности назначений и сопоставления рисков («польза-вред») при назначении процедур лучевой диагностики. Основным инструментом оптимизации в мире при РДИ стали «референтные диагностические уровни», что, однако, не влияет на общий рост количества исследований и коллективной дозы облучения. Другим важным инструментом оптимизации при КТ стала разработка низкодозовых (далее — НДКТ) и ультранизкодозовых (далее — УНДКТ) протоколов, позволяющих при более низком уровне облучения получать необходимую диагностическую информацию. По некоторым данным, в УНДКТ органов грудной клетки достигнут уровень менее 1 мЗв, что позволяет, формально не нарушая законодательства, применять такие протоколы КТ в профилактических исследованиях (приказ Департамента здравоохранения города Москвы от 21.02.2018 № 129 Об усилении мероприятий по предупреждению возникновения и распространения туберкулеза среди работников медицинских организаций государственной системы здравоохранения города Москвы). Имеются исследования, показывающие отсутствие двунитевых разрывов ДНК при использовании НДКТ в скрининге рака легкого (ЭД 1,5 мЗв) и их достоверном увеличении при облучении в дозе 5 мЗв [2].

Между тем исследования последнего десятилетия свидетельствуют о следующем: ЛБК, основанная на механизме действия ИИИ, является концепцией, но не подтверждена фактическими данными, а целый ряд находок исследований в области до 100 мЗв статистически не обоснованы. По данным отечественных исследователей, реализация стохастических эффектов имеет место только при дозах более 0,1 Зв. При меньших дозах канцерогенный эффект радиации у человека не выявлен. В то же время в рамках экспериментальной работы нами получены результаты указывающие на существенные повреждения ДНК при очень незначительных дозах < 1 мЗв. Так, при облучении культуры фибробластов кожи на фантоме рук хирургов в ангиографии в диапазоне эквивалентных доз кожи 0,4–3,2 мЗв уровень ДР ДНК во временном интервале после облучения 0,5–72 часов оставался в 2–3 раза выше контроля [4]. Нами также показано на фантоме грудной клетки человека (с применением ТЛД дозиметрии), что в режиме УНДКТ уровень ЭД будет не менее 1 мЗв. Вместе с тем при облучении лимфоцитов крови доноров на различных режимах КТ (УНДКТ, НДКТ, «Стандартный») *in vitro* наибольшие повреждения выявлены во фракции ускоренно делящихся клеток (пролиферация

многоядерных клеток, соотношение митоз — апоптоз) именно на минимальной дозе (0,8 мЗв) в режиме УНДКТ, в то время как на режиме «Стандарт» (12 мЗв) повреждения отсутствовали (явление гормезиса) [5]. Явление гормезиса постоянно регистрируется в экспериментальных исследованиях, как радиобиологических, так и радиационно-эпидемиологических в широком диапазоне доз. Налицо формальное противоречие между беспороговой концепцией, пороговыми эффектами и эффектами облучения в диапазоне очень малых доз, приведенными выше.

Анализ имеющихся данных позволяет дополнить и уточнить существующую модель биологического действия радиации. Чередование областей повреждения и гормезиса свидетельствует о циклическом характере биологических эффектов облучения, который лежит в основе многих процессов. Уже сегодня можно построить некую «синусоиду» смены биологических эффектов в зависимости от дозы облучения. ЛБК в этом случае является функцией, аппроксимирующей циклическую зависимость. И это обоснованно: чем больше дозы, тем *более выраженными будут и повреждающие эффекты* облучения. Однако это не снимает вопросов влияния уровня мощностей доз, видов излучения, энергии излучения. Более того, в разных вариантах облучения и сам процесс формирования дозы носит различный характер, о чем указывалось выше. Более того, очевидно, что в различных моделях облучения закономерности развития биологических эффектов также могут носить самостоятельный характер, а не быть привязаны только к величине дозы. Можно предположить, что каждая модель облучения будет иметь свою характерную цикличность и собственную аппроксимацию в виде некоей приближенной к линейной функции. Это хорошо можно представить на примере КТ, создающей кумулятивные ЭД 1–100 мЗв. На чувствительных тестах можно уже сегодня построить соответствующую радиобиологическую модель в указанном диапазоне ЭД, получив диапазоны доз с минимальными и максимальными повреждающими эффектами, привязанные к режимам (протоколам) сканирования. Такая модель наряду с уровнями доз может быть положена в основу оптимизации как КТ-сканирования, так и медицинского облучения в целом. Полученные результаты могут распространяться только на исследуемую модель облучения.

Учитывая определяющий характер РДИ и место КТ в структуре медицинского облучения, вопрос об исследовании биологических (цитогенетических) эффектов КТ в диапазоне ЭД 0,5–100 мЗв рекомендуется перевести в практическую плоскость научных исследований с целью более объективного выбора оптимальных режимов КТ с учетом эффектов гормезиса.

## Литература

1. Василева, Е. Актуальность проблемы обоснования лучевых процедур. Позиция и рекомендации МАГАТЭ (презентация) / Е. Василева // Межведомственный круглый стол по вопросам применения принципа обоснования в медицинской практике в РФ. ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения г. Москвы». — М., 2019.
2. Biological Effects of Low-Dose Chest CT on Chromosomal DNA / H. Sakane [et al.] // Radiology. — 2020. — Vol. 295, № 2. — P. 439–445.
3. Оценка доз облучения кожи рук в кардиоэндоваскулярной хирургии и количества двунитевых разрывов ДНК в культуре фибробластов кожи на фантоме кистей рук / С. Е. Охрименко [и др.] // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Радиационная гигиена и непрерывное профессиональное образование: новые вызовы и пути развития», посвященная 65-летию кафедры радиационной гигиены и радиационной безопасности имени академика Ф. Г. Кроткова, Москва, 27 окт. 2022 г.: тез. докл. / РМАНПО. — М., 2022. — С. 66–67.
4. Оценка эффектов нестабильности генома in vitro при использовании различных протоколов КТ-сканирования органов грудной клетки / С. Е. Охрименко [и др.] // Мед. физика. — № 1 (93). — 2022. — С. 58–60.

Поступила 01.09.2023

# КИНЕТИКА $\gamma$ Н2АХ, СПРОВОЦИРОВАННОГО ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ *IN VITRO* У ТРИТОНА *PLEURODELES WALTL*

<sup>1</sup>Ошуркевич А. Ю., [tweakff@gmail.com](mailto:tweakff@gmail.com),

<sup>2</sup>Ли Т. Ш., профессор, [litaoshe@nagasaki-u.ac.jp](mailto:litaoshe@nagasaki-u.ac.jp)

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Кафедра биологии стволовых клеток, Университет Нагасаки, г. Нагасаки, Япония

Среди земноводных существует отряд, называемый Хвостатые. Хвостатые амфибии, обычно именуемые саламандрами, изучаются уже давно. Среди позвоночных животных именно саламандры обладают ярко выраженной способностью к регенерации различных органов и тканей, таких как пояс нижних и верхних конечностей, части сердца, спинной мозг, хрусталик глаза [1]. При этом даже среди разных видов земноводных не все обладают одинаковой способностью к регенерации. Так, в контексте восприимчивости к ионизирующему излучению (далее — ИИ) тритоны (отряд Хвостатые, лат. *Urodela*) имеют уровень летальной дозы, вызывающей смерть у 50 % испытуемых особей ( $LD_{50}$ ), ниже, чем у лягушек и жаб (отряд Бесхвостые, лат. *Anura*), при том, что они относятся к одному таксономическому классу земноводных (таблица 1) [2].

Таблица 1 — Показатели летальных доз среди различных живых организмов после облучения ИИ

Виды организмов	$LD_{50}/30^*$ , Грей
Человек	3,0–4,0
Обезьяна	4,0–4,75
Собака	3,0
Хомяк	7,0
Кролик	7,25
Крыса	9,0
Черепаша	15,0
Тритон	30,0

\* летальная доза, приводящая к смерти 50% испытуемых в течение 30 дней после облучения.

Из таблицы 1 следует, что человек более чувствителен к ИИ, чем другие таксономические группы. Тритоны же, с другой стороны, продемонстрировали низкую восприимчивость к радиации и способны выживать даже при более высоких нагрузках от ИИ.

Международное научное сообщество неоднократно указывало на то, что тритоны как представители амфибий являются уникальными экспериментальными моделями, которые могут быть использованы в самых разных областях исследований, включая регенеративную медицину, биологию стволовых клеток, онкологию, биологию развития и репродукции. И действительно, размеры их клеток, клеточных ядер и хромосом относительно велики, а содержание гаплоидной ДНК в ядрах составляет 20–40 пикограмм (в 3 раза больше, чем у человека), что делает их клетки достойными претендентами для экспериментов на молекулярном уровне.

В нашей работе использовали культуры клеток тритона *Pleurodeles waltl* (известный как испанский ребристый тритон или иберийский ребристый тритон), который является популярной биологической моделью для изучения развития и регенерации хвостатых амфибий. Как и все тритоны, *Pleurodeles waltl* (*P. waltl*) — тетраподное (четырёхлапое) позвоночное животное. *P. waltl* ведёт разнообразный образ жизни: водный и наземный. Эта хвостатая амфибия обладает ярко выраженными регенеративными свойствами на стадии взрослой жизни и сохраняет их на протяжении всей жизни. Помимо непосредственных различий в чувствительности к прямому ИИ, тритоны являются интересным объектом исследований в радиационной биологии из-за их устойчивости к раковым заболеваниям и развитию катаракты. Eguchi et al. сообщали, что у тритонов никогда за период их жизнедеятельности не наблюдалось признаков катаракты, даже после многократной регенерации ткани хрусталика [3].

Нами был проведен эксперимент с использованием нового методического подхода к оценке повреждений, спровоцированных высокими дозами ИИ. Следуя лабораторному протоколу, культивированы клетки из задних конечностей *P. waltl* для последующего облучения рентгеновским из-

лучением дозой в 5 Гр. Кроме изучения влияния 5 Гр рентгеновского облучения на клетки тритона был проведен сравнительный анализ наших результатов с моделью млекопитающего, для этой цели использовались клетки из организма мыши.

Двойные разрывы ДНК (англ. *Double strand breaks, DSBs*) являются наиболее серьезными из всех возможных типов повреждений, индуцированных ИИ. Двунитевые разрывы спирали ДНК, индуцированные ИИ, с большей вероятностью способствуют потере генетической информации, формированию мутаций, нестабильности генома и апоптозу клеток. Для детекции и измерения двойных разрывов ДНК в клетках использовали фосфорилированный гистоновый белок H2AX ( $\gamma$ H2AX). Детекция  $\gamma$ H2AX осуществлялась с помощью метода иммуноцитохимии, а для количественного анализа применялся пакет программного обеспечения для обработки изображений FIJI software. Именно так полученные после использования протокола химического окрашивания клеток изображения были проанализированы для определения статистической значимости результатов.

Как показал ряд экспериментов,  $\gamma$ H2AX является подходящим биомаркером для оценки формирования повреждений спирали ДНК, спровоцированных ИИ, а его кинетика в облученных образцах может быть использована для оценки способности к репарации и ее скорости. Данный биомаркер уже был использован для определения двойных разрывов ДНК и последующей репарации в клетках людей и мышей [4]. Таким образом, имеются данные о его кинетике у млекопитающих. Чтобы убедиться в корректности эксперимента, для межвидового сравнения результатов были использованы клетки мыши. Кроме того, фокусы (скопления белков, участвующих в репарации ДНК)  $\gamma$ H2AX могут быть обнаружены во всех фазах клеточного цикла (в дизайне нашего исследования использовались отрезки времени 15 минут, 2, 4, 8, 16, 24, 48 и 72 часа после 5 Гр облучения рентгеновскими лучами). Помимо того, было подсчитано, что  $\gamma$ H2AX обеспечивает наилучшую корреляцию с радиочувствительностью, потому этот биомаркер является одним из наиболее экономически эффективных и надежных в контексте межвидовых экспериментов [5].

Установлено, что после 5 Гр рентгеновского облучения клетки *P. waltl* продемонстрировали кинетику  $\gamma$ H2AX фокусов, отличающуюся от клеток мыши. В частности, в клетках мыши наблюдалась классическая кинетика  $\gamma$ H2AX с подъемом в течение 15 минут, пиком в течение 2 часов после облучения и последующим исчезновением фокусов. Что касается кинетики  $\gamma$ H2AX в клетках *P. waltl*, то результаты показали наличие трех пиков на 15-й минуте, после 8 часов (наиболее значительное количество фокусных очагов) и после 48 часов (рисунок 1).

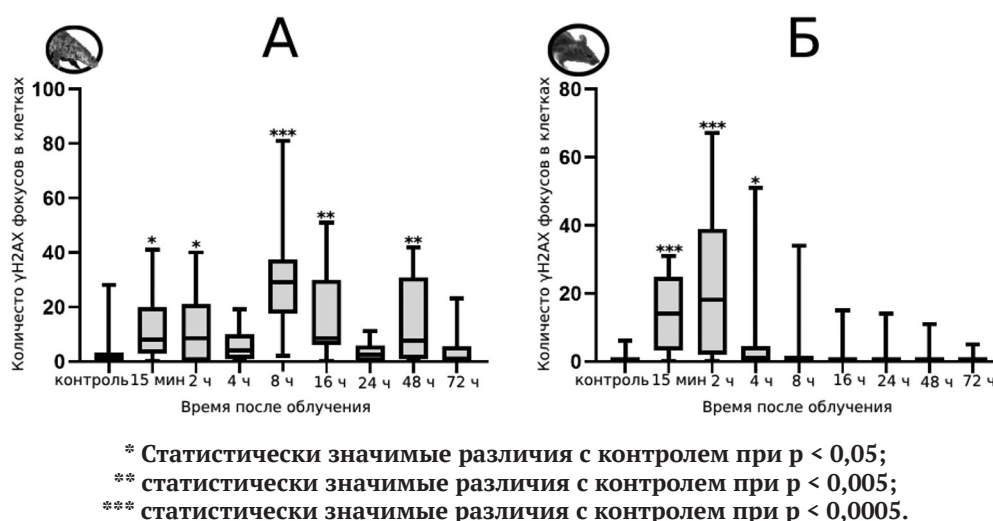


Рисунок 1 — Результаты сравнительного количественного анализа  $\gamma$ H2AX фокусов в клетках *P. waltl* (А) и мыши (Б)

В нашей работе получены данные межвидовых различий в кинетике  $\gamma$ H2AX, что может указывать на альтернативные роли, которые  $\gamma$ H2AX выполняет в молекулярном аппарате репарации ДНК тритона *P. waltl*. Другим объяснением разной кинетики может быть использование отличного от млекопитающих механизма репарации ДНК у тритонов. Известно, что у млекопитающих репарация двойных разрывов нити ДНК в основном осуществляется путем гомологической рекомбинации (англ. *Homologous recombination, HR*) либо негомологичным соединением концов (англ. *Non-homologous end joining, NHEJ*). Однако кинетика  $\gamma$ H2AX в клетках *P. waltl* после облучения отличается от таковой



в клетках мышцы, что дает возможность предположить об использовании другого механизма репарации двуниевых разрывов ДНК в клетках *Pleurodeles*.

Насколько нам известно, это первая попытка использовать клетки тритона в исследовании с применением ИИ для изучения механизмов репарации ДНК и последующим сравнением результатов с животным из другой таксономической группы. В этой работе мы использовали новый методологический подход и показали возможность получения информативных данных о последствиях облучения ИИ в организме тритона *P. waltl*.

Тем не менее, для полного раскрытия механизма репарации двуниевых разрывов ДНК у амфибий и его связи с характерными биологическими особенностями этих животных, необходимы дополнительные исследования с использованием других биомаркеров повреждений ДНК и репарационных белков. Подобные исследования могут использоваться и быть полезными в различных областях науки, включая радиационную биологию, регенеративную медицину, а также обоснования безопасности радиационного воздействия на различные виды живых организмов.

## Литература

1. Brockes, J. Newts / J. Brockes, A. Kumar // *Current Biology*. — 2005. — Vol. 15, № 2. — P. R42–R44.
2. Radiation protection in medical radiography / M. A. Statkiewicz-Sherer [et al.]. — 7th ed. — Maryland heights, MO: Elsevier/Mosby, 2014. — 392 p.
3. Regenerative capacity in newts is not altered by repeated regeneration and ageing / G. Eguchi [et al.] // *Nature Communications*. — 2011. — Vol. 2. — P. 384.
4. In vivo formation and repair of DNA double-strand breaks after computed tomography examinations / M. Löbrich [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. — 2005. — Vol. 102, № 25. — P. 8984–8989.
5. Ionizing radiation biomarkers for potential use in epidemiological studies / E. Pernot [et al.] // *Mutation Research*. — 2012. — Vol. 751, № 2. — P. 258–286.

Поступила 10.10.2023

## РОЛЬ РАДИАЦИОННОГО И ПСИХОГЕННОГО ФАКТОРОВ В ВОЗНИКНОВЕНИИ ПАТОЛОГИИ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Стожаров А. Н., д. б. н., профессор, [stojarov@mail.ru](mailto:stojarov@mail.ru),  
Хрусталеv В. В., д. б. н., доцент, [vvkhrustalev@mail.ru](mailto:vvkhrustalev@mail.ru)

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

Авария на Чернобыльской АЭС (далее — ЧАЭС) в 1986 г. сопровождалась масштабным облучением жителей Беларуси и была сопряжена в первый период ее развития с облучением щитовидной железы радионуклидами йода. В последующие периоды доминировало внутреннее облучение долгоживущими изотопами цезия и стронция. Наиболее критическими группами населения были дети и беременные женщины. Развитие плода сопровождалось внутриутробным облучением, что могло отражаться на последующем развитии и состоянии здоровья рожденных детей.

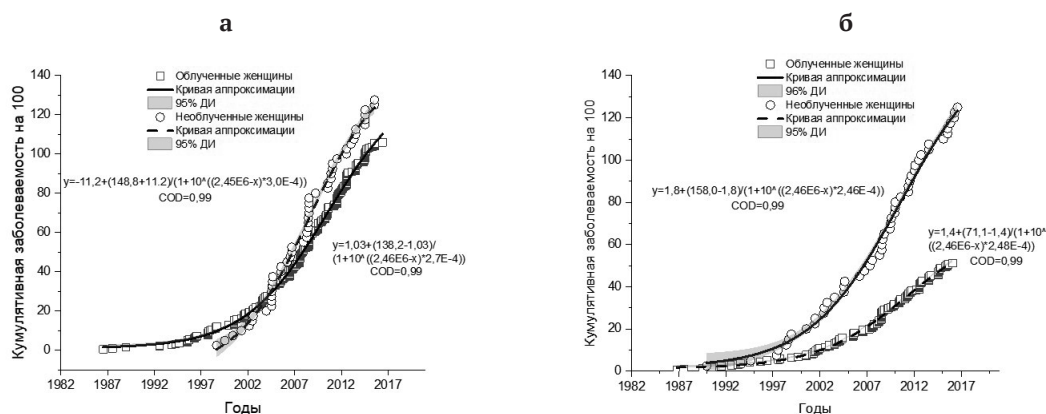
В предыдущих исследованиях, которые были направлены на изучение состояния здоровья женщин Столинского района Брестской области, находившихся в апреле — мае 1986 г. на разных сроках беременности, были обнаружены изменения заболеваемости спустя 10–30 лет после облучения щитовидной железы. Они касались патологии сердечно-сосудистой системы, органов дыхания, нервной системы. В то же время упомянутые изменения не проявлялись со стороны нервной системы. Эффекты имели дозовую зависимость и волнообразный характер. Так, например, на кривой заболеваемости всеми видами сердечно-сосудистой патологии (класс IX по МКБ-10) отчетливо выявлялся максимум, приходящийся на 2011 г. Регистрация заболеваемости у женщин, которые не подвергались действию радиоактивного йода, выявила несколько другую зависимость. В данном случае выделялся один широкий пик с центром в области 2008 г. Пик заболеваемости со стороны органов дыхания приходился на 2012 г. В то время как в контрольной группе женщин, не облученных радиоактивным

йодом, такого эффекта мы не обнаружили. Объясняя полученные данные, мы предположили, что указанные изменения могут быть связаны с чувствительностью определенных генов клеток щитовидной железы к радиационному воздействию I-131. Известно, что некоторые гены этого эндокринного органа различным образом реагируют на облучение радиоактивным йодом. Это может приводить к дестабилизации хромосом, дисбалансу секретируемых тироидных гормонов, нарушению гормональной регуляции органов и систем и, следовательно, к развитию патологии. Между тем имеются сведения о роли психогенного фактора в возникновении патологии. В этой связи целью настоящего исследования было выявление роли радиационного и психогенного факторов в отсроченной заболеваемости женщин.

Основная группа женщин, получивших облучение в результате аварии на ЧАЭС (апрель — май 1986 г.) и находившихся в этот период на различных сроках беременности, состояла из 221 жительницы Столинского района Брестской области. В качестве группы сравнения в исследование включали женщин из того же Столинского района Брестской области, беременность у которых наступила позже, т. е. в 1987 г. Одинаковые условия проживания на территории Столинского района, одинаковое радиационное воздействие от загрязненной местности, их социальный статус и возраст служили хорошими условиями для выбора их в качестве контрольной группы. В группу сравнения было включено 40 женщин.

Данные по заболеваемости были получены из Государственного регистра лиц, пострадавших в результате аварии на ЧАЭС. В работе учитывалась только первичная заболеваемость.

При обработке баз данных нами были обнаружены интересные факты. На рисунке в качестве примера показаны данные заболеваемости некоторыми видами патологии [1]. С течением времени заболеваемость необлученных женщин начинала превышать кумулятивную заболеваемость беременных, которые были облучены радиоактивным йодом. Необходимо было найти объяснение этому феномену.

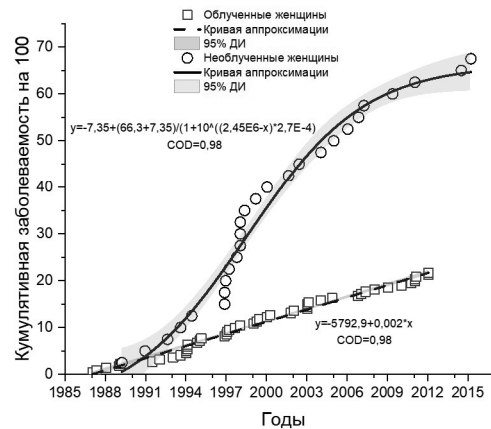


**Рисунок 1 — Кумулятивная заболеваемость облученных и необлученных беременных женщин сердечно-сосудистыми заболеваниями (а), болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани (б)**

Проживание на загрязненной территории и получение вследствие этого облучения на весь организм не могут быть ведущим фактором изменения заболеваемости, так как условия проживания упомянутых групп женщин (основной и контрольной) были одинаковыми. С учетом этого можно предположить, что в основной группе женщин роль индуктора роста сердечно-сосудистой патологии могло сыграть облучение щитовидной железы в результате «йодного удара» в апреле — мае 1986 г. Подтверждение этому факту можно найти в наших предыдущих исследованиях. Изучая психоэмоциональный статус той же выборки облученных женщин, которые получили облучение за счет инкорпорации радиоактивного йода, и необлученных беременных нам удалось установить, что когорта женщин, подвергшихся действию радиации, характеризуется отсутствием четкой связи посттравматического стрессового расстройства (далее — ПТСР) с психологическим дистрессом. Особенно четко проявлялась связь лишь фактора «Избегания» по пятифакторной модели руководства по диагностике психических заболеваний (DSM-IV), которую анализировали с помощью опросника PCL-S в группе женщин в возрасте старше 19 лет с показателями стресса [2]. Это могло быть причиной сглаженности эмоционального состояния, т. е. избегания переживаний спустя 30-летний период после аварии на ЧАЭС. Психометрический анализ женщин, беременность которых наступила спустя год после аварии на ЧАЭС, напротив, показал наличие сильной корреляционной связи между боль-

шинством факторов ПТСР и психологическим дистрессом (факторами «Репереживания», «Бесчувственности», «Дисфорического» и «Тревожного» возбуждений) [3]. Эти признаки выражались в нарушении сна, бессоннице, тревожной настроенности и др. Известно, что период после аварии на ЧАЭС характеризовался избытием часто недостоверной информации о действии радиации. Страх перед ней и боязнь за здоровье будущего ребенка могли играть немаловажную роль в развитии латентной внутренней напряженности женщин. Имеются многочисленные данные о том, что измененный психологический статус, стресс могут являться причиной появления в последующем соматической патологии [4]. В этой связи становится понятным отсроченный рост патологии в упомянутой группе необлученных женщин, который связан с ростом ССЗ.

Для подтверждения этого мы проанализировали заболеваемость в упомянутых группах по классу психических расстройств и расстройств поведения (класс F по МКБ-10).



**Рисунок 2 — Заболеваемость облученных и необлученных женщин психическими расстройствами и расстройствами поведения**

Как видно из рисунка 2, кривые заболеваемости значительно отличаются друг от друга. Если для облученных женщин зависимость линейная, то для необлученных она выражается математической кривой, имеющей характер дозовой зависимости. Следовательно, наше предположение находит подтверждение. В группе женщин, попавших под радиоактивное облако и беременных в апреле — мае 1986 г., кумулятивная заболеваемость психическими расстройствами в 2–3 раза ниже, чем у женщин, которые не были облучены. Объясняется это уже приведенными фактами. В первый период аварии на ЧАЭС большая часть информации была засекречена во избежание, как объяснялось в то время, паники среди населения. Население пользовалось отрывочной и противоречивой информацией о действии ионизирующего излучения. Именно эти обстоятельства не приводили к психологическому напряжению среди населения. Напротив, в более поздний период информация стала избыточной (интернет, социальные сети). Она и послужила основой для посттравматического стрессового расстройства у женщин, которое сопровождалось в отдаленном периоде повышением уровня заболеваемости. Этот феномен и наблюдается в настоящее время.

Таким образом, изменения в заболеваемости женщин, получивших во время беременности облучение щитовидной железы радиоактивным йодом, можно с большой степенью уверенности связать с действием радиационного фактора, приводящего к дестабилизации генома тиреоцитов и нарушению гормональной регуляции различных органов и систем. В более поздний период очевидно воздействие психогенной составляющей, которая посредством эмоционального стресса способствует возникновению и усугублению патологии у человека.

## Литература

1. Stojarov, A. N. Cardiovascular Pathology in Women Who Received Radioactive Iodine Exposure During Pregnancy as a Result of the Chernobyl Accident / A. N. Stojarov, V. V. Khrustalev, D. A. Adzintsova-Stazharava // BJSTR. — 2021. — Vol. 37, № 2. — P. 29320–29328.
2. Стожаров, А. Н. Психометрический анализ данных анкетирования выраженности посттравматического стресса у женщин, облученных во время беременности в результате аварии на ЧАЭС / А. Н. Стожаров, N. Hayashida, J. Takahashi // Сборник материалов республиканской научно-

практической конференции с международным участием «Здоровье и окружающая среда», посвященной 90-летию республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» (Минск, 26–28 окт. 2017 г.): в 2 т. / гл. ред. С. И. Сычик. — Минск: РНМБ, 2017. — Т. 1. — С. 96–100.

3. Характер психо-эмоциональных расстройств у женщин, облученных во время аварии на ЧАЭС / Д. А. Одинцова-Стожарова [и др.] // Мед. журн. — 2021. — № 3. — С. 82–86.

4. Friedman, M. J. Posttraumatic stress disorder / M. J. Friedman // J. Clin. Psychiatry. — 1997. — Vol. 58, Suppl. 9. — P. 33.

Поступила 13.09.2023

## **НОВЫЕ УСЛОВИЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПРОБ ВОДЫ ПИТЬЕВОЙ И МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛОКНИСТОГО КАТИОНИТА ФИБАН-К-1 ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ В НИХ УДЕЛЬНОЙ (ОБЪЕМНОЙ) АКТИВНОСТИ СТРОНЦИЯ-90 ПО МВИ.МН 1181-2011**

*Чаховский П. А., к. б. н., chahovsky@gmail.com,*

*Шарамков В. А., sharamkou.u@gmail.com,*

*Прус Н. Н., spectrometric@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Для осуществления радиационного контроля питьевой воды и продуктов питания необходимы методики измерений. Одной из самых востребованных в Республике Беларусь и странах ЕАЭС является МВИ.МН 1181–2011 «Методика выполнения измерений объемной и удельной активности  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{40}\text{K}$  на гамма-бета-спектрометре типа МКС-АТ1315, объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{40}\text{K}$  на гамма-спектрометре типа EL 1309 (МКГ-1309) в пищевых продуктах, питьевой воде, почве, сельскохозяйственном сырье и кормах, продукции лесного хозяйства, других объектах окружающей среды» (далее — МВИ.МН 1181-2011), разработанная УП «АТОМ-ТЕХ» (Республика Беларусь) [1]. При измерении объемной активности стронция-90 (далее —  $^{90}\text{Sr}$ ) в питьевой воде и молоке на уровне менее 20 Бк/дм<sup>3</sup> применяется концентрирование  $^{90}\text{Sr}$  в счетном образце (пробе-фильтре) на основе волокнистого катионита ФИБАН-К-1 методом ионного обмена. При данном методе концентрирования  $^{90}\text{Sr}$  в счетных образцах использованный волокнистый катионит ФИБАН-К-1 сушат при температуре 70 °С в течение 24 ч (3 рабочих дня). Это самый длительный этап методики, требующий оптимизации для уменьшения времени проведения исследований.

Цель работы — разработать условия применения волокнистого катионита ФИБАН-К-1 при концентрировании образцов воды питьевой и специализированного детского питания для последующего определения в них удельной (объемной) активности стронция-90 с целью усовершенствования методики измерений МВИ.МН 1181-2011.

При подготовке счетных образцов пищевых продуктов возможно использование термического концентрирования, которое состоит из трех последовательных этапов — высушивания (выпаривания), обугливания и озоления. Для проб молока МВИ.МН 1181-2011 не предусматривает термическое концентрирование  $^{90}\text{Sr}$ , поэтому одной из задач НИР стала апробация данного методического подхода к образцам молока и сравнение полученной объемной активности  $^{90}\text{Sr}$  с таковой в образцах молока, в которых радионуклид был сконцентрирован методом ионного обмена на волокнистом катионите ФИБАН-К-1.

Объектами исследований являлись 4 образца питьевого молока с массовой долей жира 0%, 2,0%, 3,2%, 4,6% объемом 4,0 дм<sup>3</sup> каждый и 2 образца питьевой воды объемом 10,0 дм<sup>3</sup> каждый. Для измерения объемной активности  $^{90}\text{Sr}$  на волокнистом катионите ФИБАН-К-1 использовали пробу молока объемом 3,0 дм<sup>3</sup>, для измерения объемной активности  $^{90}\text{Sr}$  методом концентрирования — объемом 1,0 дм<sup>3</sup>.

Исследования проводили методом бета-спектрометрии, изложенным в МВИ.МН 1181-2011. Методика применяется для выполнения измерений объемной активности (удельной активности) радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  в «сырых» пробах и объемной активности (удельной активности) радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  в концентрированных счетных образцах проб, подготовленных к измерениям с использованием различных способов концентрирования (высушивание, выпаривание, обугливание и т. д.).

Подготовка проб к измерениям включает в себя предварительную обработку доставленной в лабораторию продукции, приготовление счетного образца в виде «сырой» пробы и, при необходимости, дальнейшую обработку пробы с целью ее концентрирования разными способами (фильтрация, высушивание, обугливание, частичное озоление и т. д.) для измерения объемной активности  $^{90}\text{Sr}$  менее 20 Бк/дм<sup>3</sup>.

При измерении объемной активности радионуклидов образцы проб разделяются на три типа: «сырая» проба, концентрированная проба и проба-фильтр. Измерение активности в каждом виде пробы осуществляется по отдельным алгоритмам.

Измерение объемной активности радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  в образцах питьевой воды и молока проводили с использованием гамма-бета-спектрометра МКС-АТ1315.

Подготовку проб питьевой воды объемом 10 дм<sup>3</sup> проводили посредством концентрирования радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  на волокнистом катионите ФИБАН-К-1 согласно приложению В МВИ.МН 1181-2011. Подготовку проб цельного молока проводили согласно приложению Г МВИ.МН 1181-2011 путем последовательных щелочной и кислотной обработок с последующим концентрированием из образующейся сыворотки  $^{90}\text{Sr}$  на волокнистом катионите ФИБАН-К-1. Подготовку проб молока питьевого к измерениям удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  в геометрии плоского сосуда 0,03 дм<sup>3</sup> проводили согласно приложению И МВИ. Н 1181-2011. Основное требование при подготовке проб — отсутствие внешних загрязнений и наличие 250–1500 г «сырой» массы пробы, достаточной для получения 15–30 г концентрированного счетного образца, необходимого для заполнения измерительного сосуда объемом 0,03 дм<sup>3</sup>.

На первом этапе 4 образца волокнистого катионита ФИБАН-К-1 были взвешены (таблица 1) и поочередно помещены в делительную воронку объемом 100 см<sup>3</sup>. Воронку с закрытым нижним краем заполняли модельной пробой — водопроводной водой. Через 10 мин кран открывали, сливали воду и извлекали волокнистый катионит, который равномерно распределяли на фильтровальной бумаге диаметром 130 мм согласно диаметра измерительного плоского сосуда объемом 200 дм<sup>3</sup>. Далее образцы волокнистого катионита ФИБАН-К-1 помещали в сушильный шкаф при температуре 70 °С. Изменения массы образцов волокнистого катионита ФИБАН-К-1 фиксировали через 8, 12, 18 часов. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Изменения массы образцов волокнистого катионита ФИБАН-К-1

№ п/п	Исходная масса, г	Масса после 8 ч сушки, г	Масса после 12 ч сушки, г	Масса после 18 ч сушки, г
1	9,99	9,320 ± 0,005	9,320 ± 0,005	9,380 ± 0,005
2	10,02	9,240 ± 0,005	9,230 ± 0,005	9,240 ± 0,005
3	10,06	9,310 ± 0,005	9,270 ± 0,005	9,280 ± 0,005
4	10,02	9,220 ± 0,005	9,250 ± 0,005	9,220 ± 0,005

Как видно из полученных результатов, волокнистый катионит ФИБАН-К-1 приобретает стабильную массу после 8 ч сушки при 70 °С и в дальнейшей сушке нет необходимости.

На втором этапе исследовали поведение волокнистого катионита ФИБАН-К-1 в процессе сушки после пробоподготовки образцов питьевой воды (2 образца) и молока питьевого (4 образца) для определения удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  согласно методике МВИ.МН 1181–2011. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Изменения массы образцов волокнистого катионита ФИБАН-К-1 в процессе сушки после пробоподготовки образцов питьевой воды и молока питьевого для определения объемной активности  $^{90}\text{Sr}$

Образец	Исходная масса, г	Масса после 8 ч сушки, г	Масса после 12 ч сушки, г	Масса после 18 ч сушки, г
№ 1 Вода	10,0 ± 0,005	11,3 ± 0,005	11,3 ± 0,005	11,3 ± 0,005
№ 2 Молоко 3,2 % жир.	10,0 ± 0,005	13,5 ± 0,005	12,8 ± 0,005	11,9 ± 0,005
№ 3 Молоко 4,6 % жир.	10,1 ± 0,005	15,0 ± 0,005	14,5 ± 0,005	13,9 ± 0,005
№ 4 Молоко обезжир.	10,1 ± 0,005	14,1 ± 0,005	13,2 ± 0,005	12,6 ± 0,005
№ 5 Молоко 2,0 % жир.	10,2 ± 0,005	13,9 ± 0,005	12,6 ± 0,005	12,3 ± 0,005
№ 6 Вода	10,1 ± 0,005	11,2 ± 0,005	11,2 ± 0,005	11,2 ± 0,005

Из результатов, представленных в таблице 2, следует, что при испытании образцов питьевой воды достаточным временем сушки волокнистого катионита ФИБАН-К-1 является 8 ч вместо требуемых ранее 24 ч. При испытании образцов молока время сушки волокнистого катионита ФИБАН-К-1 должно быть не менее 18 ч.

При измерении объемной активности  $^{90}\text{Sr}$  в образцах питьевой воды после концентрирования на волокнистом катионите ФИБАН-К-1 образец помещали в измерительную камеру МКС-АТ1315 и проводили измерения объемной активности  $^{90}\text{Sr}$ . Было проведено по 10 измерений для каждого образца питьевой воды. Время каждого измерения составило 2 ч. Результаты измерений представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Объемная активность  $^{90}\text{Sr}$  в счетных образцах питьевой воды с использованием волокнистого катионита ФИБАН-К-1

Показатель	Единицы измерения	Обозначение документа, устанавливающего метод исследований	Номер образца	Результаты измерений	Приписанное значение
Объемная активность $^{90}\text{Sr}$	Бк/дм <sup>3</sup>	МВИ.МН 1181-2011 приложение В	№ 1	$0,8 \pm 0,2$	1,0
			№ 6	$1,6 \pm 0,4$	2,0

Согласно МВИ.МН 1181-2011 коэффициент сорбции  $^{90}\text{Sr}$  из питьевой воды объемом 20,0 дм<sup>3</sup> на волокнистый катионит ФИБАН-К-1 составляет  $0,9 \pm 0,05$ . Полученные нами величины сорбции  $^{90}\text{Sr}$  из питьевой воды объемом 10,0 дм<sup>3</sup> на волокнистый катионит ФИБАН-К-1 составили 80 %, что несущественно отличается от величины, заявленной в МВИ.МН 1181-2011, поэтому считаем возможным снизить объем используемого образца с 20,0 до 10,0 дм<sup>3</sup>.

При измерении объемной активности  $^{90}\text{Sr}$  образцы молока питьевого с массовой долей жира 3,2 %, 4,6 %, 0 %, 2,0 % (соответственно образцы № 2, № 3, № 4, № 5) после концентрирования на волокнистом катионите ФИБАН-К-1 помещали в измерительную камеру МКС-АТ1315 и проводили измерения. Было проведено по 10 измерений для каждого образца молока. Результаты измерений представлены в таблице 4.

Как видно из таблицы, сорбция  $^{90}\text{Sr}$  из питьевого молока на волокнистый катионит ФИБАН-К-1 не соответствует требованиям методики МВИ.МН 1181-2011 (коэффициент извлечения  $^{90}\text{Sr}$  из образцов молока питьевого после концентрирования на волокнистом катионите ФИБАН-К-1 составляет  $0,5 \pm 0,1$ ). Эффективность волокнистого катионита ФИБАН-К-1 оказалась крайне низкой, не позволяющей получать достоверные данные объемной активности  $^{90}\text{Sr}$  в молоке питьевого, независимо от массовой доли жира в продукте. Таким образом, волокнистый катионит ФИБАН-К-1 нецелесообразно использовать для определения активности  $^{90}\text{Sr}$  в питьевого молоке.

Таблица 4 — Объемная активность  $^{90}\text{Sr}$  в счетных образцах молока питьевого разной жирности на волокнистом катионите ФИБАН-К-1

Показатель	Документ, устанавливающий метод исследований	Номер образца	Массовая доля жира, %	Результаты измерений, Бк/дм <sup>3</sup>	Приписанное значение, Бк/дм <sup>3</sup>
Объемная активность $^{90}\text{Sr}$	МВИ.МН 1181-2011 приложение Г	№ 2	3,2	$1,6 \pm 0,4$	7,0
		№ 3	4,6	$1,0 \pm 0,3$	5,0
		№ 4	обезжирен.	$2,1 \pm 0,5$	10,5
		№ 5	2,0	$1,3 \pm 0,4$	8,0

С целью убедиться, что используемый метод пробоподготовки эффективно переводит весь содержащийся в молоке  $^{90}\text{Sr}$  в растворимое состояние для его последующей сорбции на волокнистый катионит ФИБАН-К-1, а также установить активность  $^{90}\text{Sr}$  в исходном образце, нами было проведено исследование объемной активности  $^{90}\text{Sr}$  в сыворотке, полученной после ее пропускания через волокнистый катионит ФИБАН-К-1. Для этого сыворотку, собранную после фильтрации через волокнистый катионит ФИБАН-К-1, подвергли концентрированию методом упаривания до объема, который необходим для заполнения плоского измерительного сосуда объемом 0,2 дм<sup>3</sup>, позволяющего эффективно измерять активность  $^{90}\text{Sr}$  в концентрированных образцах. Полученный результат представлен в таблице 5.

Таблица 5 — Объемная активность  $^{90}\text{Sr}$  в молочной сыворотке, собранной после фильтрации через волокнистый катионит ФИБАН-К-1

Показатель	Документ, устанавливающий метод исследований	Номер образца	Массовая доля жира, %	Результаты испытаний, Бк/дм <sup>3</sup>	Приписанное значение к исходному образцу, Бк/дм <sup>3</sup>
Объемная активность $^{90}\text{Sr}$	МВИ.МН 1181-2011 приложение И	№ 2	3,2	$8,1 \pm 2,1$	7,0
		№ 3	4,6	$8,4 \pm 2,4$	5,0
		№ 4	Обезжирен.	$9,8 \pm 2,3$	10,5
		№ 5	2,0	$6,8 \pm 1,8$	8,0

Как следует из таблицы 5, значения объемной активности образцов молочной сыворотки, собранной после фильтрации через волокнистый катионит ФИБАН-К-1, регистрировали на уровне, приближенном к приписанному значению, что может подтверждать низкую сорбцию  $^{90}\text{Sr}$  волокнистым катионитом ФИБАН-К-1.

Измерения объемной активности  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в молоке в геометрии плоского сосуда объемом 0,03 дм<sup>3</sup> проводили после озоления в муфельной печи. Объем каждого образца молока составлял 1,0 дм<sup>3</sup>. В образец № 5 дополнительно был добавлен носитель  $^{137}\text{Cs}$  для проверки возможности его определения данным методом. Проводили 10 измерений для каждого образца, время каждого измерения составило 2 ч. Результаты измерений представлены в таблице 6.

Таблица 6 — Объемная активность  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в молоке после концентрирования методом озоления в муфельной печи

Показатель	Документ, устанавливающий метод исследований	Номер образца	Массовая доля жира, %	Результаты измерений, Бк/дм <sup>3</sup>	Приписанное значение к исходному образцу, Бк/дм <sup>3</sup>
Объемная активность $^{90}\text{Sr}$	МВИ.МН 1181-2011 приложение И	№ 2	3,2	$6,5 \pm 1,6$	7,0
		№ 3	4,6	$5,9 \pm 1,6$	5,0
		№ 4	обезжирен.	$11,3 \pm 2,6$	10,5
		№ 5	2,0	$9,3 \pm 2,1$	8,0
Объемная активность $^{137}\text{Cs}$		№ 5	2,0	$4,80 \pm 2,04$	4,0

Как видно из таблицы 6, метод концентрирования посредством озоления в муфельной печи согласно приложению И МВИ.МН 1181-2011 эффективен для определения удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ .

Таким образом, показано, что для получения стабильной массы волокнистого катионита ФИБАН-К-1 после пробоподготовки воды питьевой достаточно 8 ч сушки в сухожаровом шкафу при 70 °С. Установленное в МВИ.МН 1181-2011 время сушки рекомендуется сократить в 3 раза — с 24 ч до 8 ч. Установлено, что сорбция  $^{90}\text{Sr}$  из пробы питьевой воды объемом 10,0 дм<sup>3</sup> на волокнистый катионит ФИБАН-К-1 составляет 80 % и существенно не отличается от требуемых в методике МВИ.МН 1181-2011 ( $90 \pm 5$  %). Данный результат позволяет рекомендовать снизить объем питьевой воды, необходимый для проведения измерений  $^{90}\text{Sr}$  по приложению В МВИ.МН 1181-2011 (с 20 дм<sup>3</sup> до 10 дм<sup>3</sup>). Подтверждено, что время сушки волокнистого катионита ФИБАН-К-1 после пробоподготовки образцов молока питьевого должно составлять не менее 24 ч для достижения стабильной массы катионита. Установлено, что сорбция  $^{90}\text{Sr}$  на волокнистый катионит ФИБАН-К-1 из образцов молока питьевого составляет в среднем менее 10 % от заявленной в МВИ.МН 1181-2011. Применение волокнистого катионита ФИБАН-К-1 для определения удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  в образцах молока питьевого является крайне неэффективным. Рекомендовано исключить приложение Г из МВИ.МН 1181-2011. Доказано, что применение метода концентрирования радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в питьевом молоке согласно приложению И МВИ.МН 1181-2011 является эффективным и позволяет уменьшить требуемый объем исследуемого образца с 3 дм<sup>3</sup> до 1 дм<sup>3</sup>, а также время проведения испытаний.

## Литература

1. МВИ.МН 1181–2011. Методика выполнения измерений объемной и удельной активности  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{40}\text{K}$  на гамма-бета-спектрометре типа МКС-АТ1315, объемной и удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{40}\text{K}$  на гамма-спектрометре типа EL 1309 (МКГ-1309) в пищевых продуктах, питьевой воде, почве, сельскохозяйственном сырье и кормах, продукции лесного хозяйства, других объектах окружающей среды: с изм. и доп. — Введ. 17.11.2011. — Минск, 2011. — 33 с.
2. Современные методы разделения и определения радиоактивных элементов: сб. науч. тр. / АН СССР, Секция хим.-технол. и биол. наук, Ин-т геохимии и аналит. химии им. В. И. Вернадского; отв. ред. Б. Ф. Мясоедов, А. В. Давыдов. — М.: Наука, 1989. — 311 с.
3. Чернуха, Г. А. Радиометрия и дозиметрия: курс лекций: в 3 ч. / Г. А. Чернуха, Т. В. Сачивко, Ю. В. Азаренко. — Горки: БГСХА, 2015. — Ч. 1: Радиометрия ионизирующих излучений. — 95 с.

Поступила 19.09.2023

### НОВЫЕ УСЛОВИЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПРОБ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ С РАЗЛИЧНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ И ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ В НИХ ОБЪЕМНОЙ (УДЕЛЬНОЙ) АКТИВНОСТИ СТРОНЦИЯ-90 ПО МВИ.МН 1181–2011

Чаховский П. А., к. б. н. [zav\\_lsi@rspch.by](mailto:zav_lsi@rspch.by),  
Шарамков В. А., [sharamkou.u@gmail.com](mailto:sharamkou.u@gmail.com),  
Прус Н. Н., [spectrometric@rspch.by](mailto:spectrometric@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Возникновение проблемы радиоактивного загрязнения экосистем неразрывно связано с освоением ядерной энергии. Крупномасштабное радиоактивное загрязнение цезием-137 (далее —  $^{137}\text{Cs}$ ) и стронцием-90 (далее —  $^{90}\text{Sr}$ ) земель сельскохозяйственного назначения является одним из наиболее тяжелых последствий аварии на Чернобыльской АЭС как для Республики Беларусь, так и для сопредельных государств. Уровень удельной активности основных дозообразующих радионуклидов в почвах наиболее загрязненных районов увеличился по сравнению с доаварийным периодом более чем в 100 раз. Большая часть радиоактивного изотопа цезия находится в корнеобитаемом слое почвы и еще долго будет доступна растениям на пахотных землях, поэтому ведение сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения связано с рядом проблем. Неоднородность плотности загрязнения земель радиоактивными изотопами, а также разность их почвенно-агрохимических параметров приводят к варьированию показателей активности получаемой сельскохозяйственной продукции в различных районах [1, 2, 4]. Это обстоятельство необходимо учитывать при ведении сельскохозяйственного производства. Для осуществления радиационного контроля за продуктами питания и питьевой водой используются методики измерений, допустимые к применению в установленном порядке. Одной из самых востребованных в Республике Беларусь и странах ЕАЭС является МВИ.МН 1181-2011 «Методика выполнения измерений объемной и удельной активности  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{40}\text{K}$  на гамма-бета-спектрометре типа МКС-АТ1315, объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{40}\text{K}$  на гамма-спектрометре типа EL 1309 (МКГ-1309) в пищевых продуктах, питьевой воде, почве, сельскохозяйственном сырье и кормах, продукции лесного хозяйства, других объектах окружающей среды» (далее — МВИ.МН 1181-2011), разработанная специалистами УП «АТОМТЕХ» (Республика Беларусь) [3].

При измерении объемной активности  $^{90}\text{Sr}$  в питьевой воде на уровне менее 20 Бк/л (Бк/дм<sup>3</sup>) применяется концентрирование  $^{90}\text{Sr}$  в счетном образце (пробе-филт্রে) на основе волокнистого катионита ФИБАН-К-1 методом ионного обмена. Считается, что минерализация воды более 600 мг/дм<sup>3</sup> снижает сорбцию  $^{90}\text{Sr}$  на волокнистый катионит ФИБАН-К-1 по МВИ.МН 1181–2011, что усложняет либо делает невозможным определение активности  $^{90}\text{Sr}$  в питьевых водах с минерализацией выше указанной, а также в минеральных и минерализованных водах.

При подготовке счетных образцов специализированных пищевых продуктов для детского питания возможно использование термического концентрирования, которое состоит из трех последовательных этапов — высушивания (выпаривания), обугливания и озоления. В сухих детских сме-



сях определение  $^{90}\text{Sr}$  проводят в образцах в готовом для употребления виде, поэтому предполагается, что растворитель может вносить свой вклад в итоговый результат измерения активности  $^{90}\text{Sr}$ . До настоящего времени оценку вклада растворителя в итоговую активность  $^{90}\text{Sr}$  в образце в готовом к употреблению виде не проводили.

Цель работы — разработать условия применения волокнистого катионита ФИБАН-К-1 при концентрировании образцов воды питьевой и специализированного детского питания для последующего определения в них объемной (удельной) активности  $^{90}\text{Sr}$  с целью усовершенствования методики измерений МВИ.МН 1181-2011.

Объектами исследований являлись 3 образца питьевой воды разной минерализации объемом 10,0 дм<sup>3</sup> каждый и 5 образцов специализированного детского питания разной степени влажности в готовом к употреблению виде.

Исследования проводились методом бета-спектрометрии, изложенным в МВИ.МН 1181-2011. Методика применяется для выполнения измерений объемной активности (удельной активности) радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  в «сырых» пробах и объемной активности (удельной активности) радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  в концентрированных счетных образцах проб, подготовленных к измерениям с использованием различных способов концентрирования (высушивание, выпаривание, обугливание и т. д.).

Подготовка проб к измерениям включает в себя предварительную обработку доставленной в лабораторию продукции, приготовление счетного образца в виде «сырой» пробы и, при необходимости, дальнейшую обработку пробы с целью ее концентрирования разными способами (фильтрация, высушивание, обугливание, частичное озоление и т. д.) для измерения объемной активности  $^{90}\text{Sr}$  менее 20 Бк/дм<sup>3</sup>.

При измерении объемной активности радионуклидов образцы проб разделяют на три типа: «сырая» проба, концентрированная проба и проба-фильтр. Измерение активности в каждом виде пробы осуществляют по отдельным алгоритмам, изложенным в приложениях В, И, Ж МВИ.МН 1181-2011.

Измерение объемной активности радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  в образцах питьевой воды и специализированного детского питания проводили с использованием гамма-бета-спектрометра МКС-АТ1315.

Результаты изучения влияния минерализации питьевой воды на сорбцию  $^{90}\text{Sr}$  на волокнистый катионит ФИБАН-К-1 образцов питьевой воды после пробоподготовки представлены в таблице 1. Было проведено по 10 измерений для каждого образца питьевой воды. Время каждого измерения составило 2 часа.

Таблица 1 — Объемная активность  $^{90}\text{Sr}$  в счетных образцах питьевой воды разной минерализации, приготовленных с использованием волокнистого катионита ФИБАН-К-1

Показатель	Единицы измерения	Обозначение документа, устанавливающего метод исследований	Результаты измерений	Приписанное значение	Минерализация воды, мг/дм <sup>3</sup>
Объемная активность $^{90}\text{Sr}$	Бк/дм <sup>3</sup>	МВИ.МН 1181-2011 приложение В	2,40 ± 0,55	3,0	615,0
			2,40 ± 0,55	3,0	907,0
			2,40 ± 0,55	3,0	940,0

Как видно из таблицы 1, минерализация не оказывает какого-либо влияния на сорбцию  $^{90}\text{Sr}$  на волокнистый катионит ФИБАН-К-1.

Результат измерения удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  в образцах специализированного детского питания, подготовленных методом термического концентрирования образца, представлен в таблице 2. Было проведено по 10 измерений для каждого образца.

Как видно из таблицы 2, метод концентрирования специализированного детского питания посредством озоления в муфельной печи согласно приложениям И и Ж МВИ.МН 1181-2011 можно признать эффективным для определения удельной активности  $^{90}\text{Sr}$ . Также стоит отметить, что в образце «молочная смесь для детского питания» носитель  $^{90}\text{Sr}$  был внесен в растворитель (питьевое молоко), на котором потом готовили готовую смесь (безмолочная смесь для детского питания). Добавленный  $^{90}\text{Sr}$  весь перешел, как и предполагалось, в готовую смесь, поэтому стоит с осторожностью подходить к выбору растворителя для детских смесей при приготовлении в лабораторных условиях, перед использованием целесообразно проводить измерение его удельной активности.

Таблица 2 — Удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  в счетных образцах специализированного детского питания и сока, подготовленных методом термического концентрирования

Показатель	Документ, устанавливающий метод исследований	Детское питание	Результаты измерений, Бк/кг	Приписанное значение, Бк/кг
Удельная активность $^{90}\text{Sr}$	МВИ.МН 1181-2011 приложение И	Сухая молочная смесь в готовом к употреблению виде	$3,1 \pm 1,52$	3,0
		Пюре яблочное	$1,1 \pm 0,5$	1,0
		Хек в готовом к употреблению виде	$6,5 \pm 1,85$	7,1
		Молочная смесь для детского питания	$5,8 \pm 1,38$	5,4
	МВИ.МН 1181-2011 приложение Ж	Сок	$4,2 \pm 1,62$	4,1

Таким образом, показано, что минерализация питьевой воды не оказывает влияния на способность волокнистого катионита ФИБАН-К-1 адсорбировать  $^{90}\text{Sr}$ , доказана возможность проводить пробоподготовку детского питания (сухие молочные и безмолочные смеси, а также в готовом к употреблению виде, фруктовые и овощные пюре, рыбные и мясные консервы) методом термического концентрирования согласно приложениям И и Ж МВИ.МН 1181–2011, что позволяет уменьшить объем анализируемых образцов, а также время проведения испытаний.

### Литература

1. Сапегин, Л. М. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в лекарственных и других хозяйственно ценных видах растений Кормянского района Гомельской области Республики Беларусь / Л. М. Сапегин, Н. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев // Радиационная гигиена. — 2011. — Т. 4, № 2. — С. 104–108.
2. Агрэкологія / под ред. В. А. Чернікова, А. І. Чекереса. — М.: Колос, 2000. — 534 с.
3. МВИ.МН 1181–2011. Методика выполнения измерений объемной и удельной активности  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{40}\text{K}$  на гамма-бета-спектрометре типа МКС-АТ1315, объемной и удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{40}\text{K}$  на гамма-спектрометре типа ЕL 1309 (МКГ-1309) в пищевых продуктах, питьевой воде, почве, сельскохозяйственном сырье и кормах, продукции лесного хозяйства, других объектах окружающей среды: с изм. и доп. — Введ. 17.11.2011. — Минск, 2011. — 33 с.
4. Современные методы разделения и определения радиоактивных элементов: сб. науч. тр. / АН СССР, Секция хим.-технол. и биол. наук, Ин-т геохимии и аналит. химии им. В. И. Вернадского; отв. ред. Б. Ф. Мясоедов, А. В. Давыдов. — М.: Наука, 1989. — 311 с.

Поступила 19.09.2023

## Раздел 2

# РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. ТЕЗИСЫ

### ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ НЕОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ

Аветисов А. Р., к. м. н., доцент, [avetisov@tut.by](mailto:avetisov@tut.by)

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь

Оценка влияния радиозоологической обстановки на состояние здоровья населения — одно из важнейших направлений в радиобиологических исследованиях. Такая оценка строится на анализе доз облучения населения. Этот анализ через 37 лет после чернобыльской аварии направлен преимущественно на изучение влияния внешнего облучения за счет радиоактивных выпадений и внутреннего облучения за счет радионуклидов в продуктах питания. Оценка доз внешнего облучения с помощью дозиметров в настоящее время нецелесообразна и не используется при плотности загрязнения территории ниже 12 Ки/км<sup>2</sup> (444 кБк/м<sup>2</sup>). Аналогичного подхода придерживается и МАГАТЭ, считая, что «нет необходимости ... раздавать термолюминесцентные дозиметры лицам из состава населения».

Именно поэтому оценка доз внешнего облучения населения сегодня осуществляется преимущественно методами *in silico*. Расчет дозы внешнего облучения исходит из простой и понятной идеи о прямой пропорциональной связи между уровнем загрязнения территории радионуклидами и дозой облучения. Такой подход используется и в международной практике, и в Республике Беларусь. Аналогичные подходы постепенно формируются и в отношении определения дозы внутреннего облучения человека. Так, в настоящее время на территории Республики Беларусь прямые измерения активности и расчеты доз облучения населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях, осуществляются с помощью спектрометров излучения человека. Это позволяет осуществлять контроль доз внутреннего облучения. Таким образом, современные тенденции указывают на необходимость поиска путей математического моделирования доз и последующего расчета рисков облучения населения.

Первичное моделирование доз и рисков нами проводилось с помощью программы Resrad Onsite 7.2. Дозы внутреннего облучения рассчитывались согласно Инструкции по применению № 094-0914 от 12.12.2014 «Метод оценки средней годовой эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории, загрязненной радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС». Для этого использовались данные измерений активности <sup>137</sup>Cs на спектрометре излучений человека (далее — СИЧ).

Статистический анализ доз внутреннего облучения жителей Лунинецкого района Брестской области по результатам СИЧ-радиометрии выявил не только выраженную неравномерность распределения данных, но и бимодальность этого распределения.

Следует отметить, что кроме отличий в абсолютных значениях при логарифмировании ГЭД в первом пике распределения данных, который представляет подавляющее большинство (83,3% значений), наблюдаются менее выраженные отличия между средними значениями и медианой в сравнении со вторым пиком распределения, а также выраженная тенденция к снижению доз облучения со временем. Во втором пике распределения данных, напротив, наблюдается достоверное увеличение медианы дозы облучения в 2018 и 2019 гг. в сравнении с предыдущими тремя годами. Обе тенденции подтверждаются статистически тестом Краскела — Уоллиса со значением  $p < 0,01$ . Перечисленные факты говорят о том, что представителей населения, относящихся ко второй моде распределения данных, можно отнести к понятию «средний представитель критической группы», или, согласно современным рекомендациям, можно отнести их к эквивалентному понятию «репрезентативное лицо», определение которого впервые введено в публикацию МКРЗ номер 101а и получило свое дальнейшее развитие в публикации МКРЗ 103.

Очевидно, что расчетные методы оценки доз внутреннего и внешнего облучения создавались и корректировались на основе существующих эмпирических и полуэмпирических моделей. На основе современных научных данных достоверность и точность математического моделирования суще-

ственно возросли и в настоящее время имеют преимущество при проведении исследований по оценке доз облучения населения, в том числе в ретроспективной оценке. В Республике Беларусь в 1994 г. была предпринята одна из первых попыток применения расчетного метода оценки доз облучения и утверждена инструкция, базирующаяся на знании мощности дозы излучения (гамма-фона). Сегодня моделирование доз облучения существенно эволюционировало и показывает хорошую результативность.

Моделирование доз облучения населения с помощью программы Resrad onsite 7.2 на примере жителей Лунинецкого района показало, что дозы внутреннего облучения населения достаточно точно совпадают с данными СИЧ, а точнее с медианой в первой моде распределения данных, куда входит более 83% измерений. Что касается второй моды распределения данных, то ее анализ показывает наличие лиц (и целых семей), у которых обнаруживается повышенное потребление  $^{137}\text{Cs}$  и, как следствие, повышенные дозы облучения в сравнении с основной массой населения в данном населенном пункте. Эта группа лиц, вероятно, требует более пристального внимания, а также проведения гигиенического обучения и воспитания с целью разъяснения существующего уровня облучения и его рисков здоровью. Таким образом, наличие такой группы лиц показывает необходимость периодических измерений с помощью СИЧ.

К достоинствам современных компьютерных средств расчета и прогнозирования доз и рисков облучения, таких как Resrad onsite, следует отнести сочетание сразу нескольких положительных моментов:

- достаточно большую точность расчетов и прогнозов доз и рисков облучения даже при использовании параметров программы «по умолчанию»;
- наличие многих десятков различных настроек для увеличения точности расчетов;
- использование различных библиотек данных, величин и коэффициентов, признанных у нас в стране и мировым сообществом;
- использование в расчетах методов Монте-Карло и Латинского гиперкуба, которые существенно повышают степень точности расчетов.

Таким образом, наличие уникальной возможности проверки данных, полученных с помощью методов математического моделирования доз и рисков облучения населения на фоне наличия реальных измерений с помощью СИЧ, позволяет в краткосрочной перспективе создать методы моделирования радиоэкологической ситуации в регионе, наиболее точно отражающие реальные данные. Это, в свою очередь, будет способствовать дальнейшему снижению затрат на проведение измерений доз облучения населения.

Выводы:

1. В настоящее время появилось и совершенствуется множество математических методов определения доз и рисков облучения населения, которые могут использовать как фактические измерения, так и расчетные методы.
2. Учитывая относительно низкие и постоянно уменьшающиеся во времени дозы облучения населения, а также развитие методов *in silico*, необходимость в массовых непосредственных измерениях доз облучения населения при проживании на загрязненных радионуклидами территориях постепенно нивелируется.

Поступила 20.09.2023

## УРОВНИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ИГНАЛИНСКОЙ АЭС НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

<sup>1</sup>Бабич Е. А., [aljenababich@gmail.com](mailto:aljenababich@gmail.com),

<sup>1</sup>Николаенко Е. В., к. м. н., [zav\\_radsafety@rspch.by](mailto:zav_radsafety@rspch.by),

<sup>2</sup>Кляус В. В., к. б. н., [kliaus.vv@bel.energo.by](mailto:kliaus.vv@bel.energo.by)

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное производственное объединение электроэнергетики «Белэнерго», г. Минск, Республика Беларусь

В соответствии с международными рекомендациями МАГАТЭ и действующим законодательством Республики Беларусь необходимо проводить оценку безопасности объектов использования

атомной энергии и радиационных объектов для населения и окружающей среды на всех стадиях их жизненного цикла путем проведения радиационного и радиационно-гигиенического мониторинга, оценки доз облучения и/или риска здоровью населения. Такая оценка проводится не только для объектов, находящихся на территории республики, но и тех объектов, которые расположены в непосредственной близости от ее границ и потенциально могут оказывать радиологическое воздействие на население и окружающую среду.

Площадка размещения Игналинской АЭС находится в 4 км от границы Республики Беларусь. С 2010 г. и по настоящее время Игналинская АЭС находится на этапе вывода из эксплуатации, однако на ее площадке функционирует 9 ядерных объектов, т. е. поступление радионуклидов в окружающую среду происходит и на этапе вывода из эксплуатации. Риски воздействия АЭС на этапе вывода из эксплуатации увеличиваются при выгрузке отработавшего ядерного топлива из активной зоны реактора, переработке топлива для дальнейшего захоронения, процессах дезактивации зданий и оборудования.

Республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр гигиены» в 2022–2023 гг. в рамках выполнения научно-исследовательской работы по ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг» на 2021–2025 гг. подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» проводились исследования по оценке уровней радиоактивного загрязнения питьевой воды и воды из озера Дрисвяты и реки Прорва в зоне влияния Игналинской АЭС (радиусом порядка 30 км) на территории Республики Беларусь, в которую входят населенные пункты Браславского района Витебской области.

Для проведения измерения уровней содержания техногенных и природных радионуклидов в питьевой воде из централизованных (артскважины) и нецентрализованных (колодцы) источников питьевого водоснабжения были выбраны 5 реперных населенных пунктов Браславского района (Опса, Видзы, Браслав, Дрисвяты, Карасино). Также исследовались пробы воды из озера Дрисвяты и реки Прорва, так как с территории Игналинской АЭС осуществляется сброс дождевых вод (поверхностных сточных вод) в озеро Дрисвяты (и вытекающую из него реку Прорва), которое частично находится на территории Республики Беларусь и используется населением для целей рекреации (включая рыбную ловлю). Всего в 2022–2023 гг. в реперных населенных пунктах Браславского района для выполнения исследований отобрано 54 пробы питьевой воды из централизованных и нецентрализованных источников питьевого водоснабжения и 2 пробы воды из озера Дрисвяты и реки Прорва.

В местах отбора проб воды были проведены измерения мощности амбиента эквивалентной дозы гамма-излучения (далее — МЭД) на высоте 1,0 м от земли в точке отбора проб в каждом из реперных населенных пунктов. Значения МЭД в местах отбора проб воды составили 0,07–0,13 мкЗв/ч, что не превысило средних многолетних значений данного показателя в данных населенных пунктах.

Основными измеряемыми радиологическими параметрами при проведении исследований в пробах воды являлись:

в питьевой воде — объемная суммарная  $\alpha$ -,  $\beta$ -активность, содержание техногенных ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ) и природных ( $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{238}\text{U}$ ) радионуклидов;

в воде из озера Дрисвяты и реки Прорва — содержание техногенных ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ) радионуклидов.

По результатам проведенных исследований максимальное значение суммарной  $\alpha$ -активности в пробах питьевой воды из централизованных источников составило 0,17 Бк/л, а из колодцев — 0,45 Бк/л. Максимальное значение суммарной  $\beta$ -активности в воде из централизованных источников составило 0,4 Бк/л, а из нецентрализованных источников — 1,85 Бк/л. Выявлено 2 случая превышения нормативов по значениям суммарной  $\beta$ -активности в колодезной воде из населенных пунктов Карасино и Опса, остальные пробы по значениям объемной суммарной  $\alpha$ - и  $\beta$ -активности соответствовали установленным нормативам (0,5 и 1,0 Бк/л соответственно).

Максимальные уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в питьевой воде из централизованных источников составили 0,74 Бк/л и 0,023 Бк/л, а из нецентрализованных источников — 0,76 Бк/л и 0,024 Бк/л соответственно.

Пробы колодезной воды из населенных пунктов Опса (1 проба) и Карасино (1 проба), в которых было зафиксировано превышение показателя суммарной объемной  $\beta$ -активности (1,6 Бк/л и 1,85 Бк/л при установленном нормативе 1 Бк/л), были повторно отобраны и направлены на дополнительные исследования по определению изотопного состава. По результатам данных исследований установлено, что объемная активность природных радионуклидов ( $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ) в этих пробах воды находится на уровне менее МДА метода, за исключением пробы питьевой воды из населенного пункта Опса, где объемная активность  $^{40}\text{K}$  составила 5,7 Бк/л. Также в исследуемых про-

бах воды были обнаружены следы  $^{238}\text{U}$ , объемная активность которого в населенном пункте Опса составила 0,0013 Бк/л, а в Карасино — 0,011 Бк/л, что не превысило установленного норматива.

Содержание  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{54}\text{Mn}$  в 2 пробах воды из реки Прорва и озера Дрисвяты находилось в значениях менее МДА метода, а значение объемной активности  $^{90}\text{Sr}$  в пробе из озера Дрисвяты составило 0,009 Бк/л.

Центрами гигиены и эпидемиологии в рамках проведения радиационного контроля также проводится отбор проб питьевой воды в населенных пунктах Браславского района по определению объемной суммарной  $\alpha$ - и  $\beta$ -активности и содержанию  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в питьевой воде из централизованных и нецентрализованных источников. По результатам измерений, выполненных учреждениями государственного санитарного надзора в 2018–2020 гг., установлено, что значения объемной активности  $^{137}\text{Cs}$  во всех пробах питьевой воды не превышали МДА метода, а максимальный уровень содержания  $^{90}\text{Sr}$  в пробах воды из артскважин составил 0,011 Бк/л, а из колодцев — 0,022 Бк/л. В рамках проведения радиационного мониторинга ГУ «Государственный центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (далее — Белгидромет) проводятся измерения содержания техногенных радионуклидов в поверхностных водах озера Дрисвяты. По результатам измерений, проведенных Белгидрометом в 2018–2021 гг., установлено, что максимальное значение как  $^{137}\text{Cs}$ , так и  $^{90}\text{Sr}$  в пробах воды из озера Дрисвяты составило 0,006 Бк/л.

В результате выполненных исследований получены данные об уровнях радиоактивного загрязнения природными и техногенными радионуклидами питьевой воды и воды из озера Дрисвяты и реки Прорва, которые сопоставимы по уровням радиоактивного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  с полученными учреждениями государственного санитарного надзора и Белгидрометом в предыдущие годы. Несмотря на то что уровни содержания радионуклидов в питьевой воде и воде из озера Дрисвяты и реки Прорва в исследуемом регионе в настоящее время не превышают референтных уровней, установленных Гигиеническим нормативом «Критерии оценки радиационного воздействия», утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29 ноября 2022 г. № 829, проведение радиационного и радиационно-гигиенического мониторинга в зоне влияния Игналинской АЭС необходимо продолжать с целью слежения за радиационной обстановкой и последующей оценки радиологического воздействия данного объекта на население и окружающую среду.

Поступила 27.09.2023

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛА РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЦЕНТРА ПОЗИТРОННО-ЭМИССИОННОЙ ТОМОГРАФИИ

<sup>1</sup>Басак А. С., *nafan96home@gmail.com*,

<sup>2</sup>Дашкевич Т. В., *alderamin7@mail.ru*,

<sup>2</sup>Емельяненко Е. В., *zheka-ava@mail.ru*

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

Во время процедур позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с рентгеновской компьютерной томографией (далее — ПЭТ/КТ), персонал Республиканского центра позитронно-эмиссионной томографии ГУ «РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова» (далее — Центр) постоянно находится под воздействием источников ионизирующего излучения, начиная с момента настройки оборудования и заканчивая обследованием пациентов, которые после введения им радиофармпрепарата (далее — РФП) являются источниками ионизирующего излучения.

В качестве радиофармпрепарата Республиканский центр позитронно-эмиссионной томографии использует фтордезоксиглюкозу (далее — ФДГ) на основе  $^{18}\text{F}$ . ФДГ широко используется в диагностической ядерной медицине методом позитронно-эмиссионной томографии. Для этого в молекулы ФДГ химическим способом внедряют радиоактивный изотоп фтора  $^{18}\text{F}$ . На облучение персонала при проведении процедуры ПЭТ/КТ влияет ряд факторов — например, количество пациентов, которым было выполнено исследование, тип и активность введенных РФП на одного пациента, продолжи-

тельность времени, проведенного пациентом в каждой зоне ПЭТ/КТ, а также физическое расположение объектов (расположение устройства автоматического дозирования радиофармпрепарата, кресла для пациентов, рабочих мест персонала).

Радиационный контроль профессионального облучения включает определение индивидуальных эффективных доз внешнего облучения персонала и/или индивидуальных эквивалентных доз облучения отдельных органов и тканей, а также радиационный контроль рабочих мест персонала. Индивидуальный дозиметрический контроль внешнего облучения является частью радиационного контроля и заключается в определении индивидуальных доз на основании результатов измерений характеристик облучения тела или отдельных органов каждого работника с помощью дозиметров. Для анализа обеспечения радиационной безопасности при проведении процедур ПЭТ/КТ в Республиканском центре позитронно-эмиссионной томографии была выбрана изотопная лаборатория ПЭТ/КТ диагностики, персонал которой представлен следующими работниками: инженеры (2 чел.), медсестры (2 чел.), санитарные работники (2 чел.), врачи (2 чел.), рентгенолаборанты (2 чел.). Для персонала, напрямую работающего с РФП, а именно медсестер и инженеров, необходим контроль облучения кожи рук.

Персоналу Центра для проведения индивидуального дозиметрического контроля были выданы термолюминесцентные дозиметры ( $H_p(10)$ ), располагающиеся на уровне нагрудного кармана и на уровне живота (для женщин до 45 лет). По результатам дозиметрического контроля была определена возможная годовая эффективная доза (далее — ГЭД) облучения персонала, значение которой может составлять от 0,44 до 4,04 мЗв в год (предел дозы — 20 мЗв в год). Эквивалентная доза на поверхности нижней части живота женщин до 45 лет не превышала 0,2 мЗв за месяц (предел дозы 1 мЗв в месяц). Таким образом, индивидуальные дозы персонала были ниже пределов доз профессионального облучения, установленных гигиеническим нормативом «Критерии оценки радиационного воздействия», утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 (в редакции от 29.11.2022 № 829).

Для персонала, напрямую работающего с РФП, необходим контроль облучения кожи рук. Для этого персоналу (медсестры и инженеры) были предоставлены термолюминесцентные дозиметры МКД типа Б ( $H_p(0,07)$ ) для определения индивидуального эквивалента дозы кожи пальцев рук. Измерения показали, что индивидуальный эквивалент дозы у медсестер может принимать значения от 7,8 до 17,9 мЗв за год, в то время как у инженера может принимать значение в среднем 2,75 мЗв за смену. Учитывая среднее примерное количество смен инженера за год (120 смен), была рассчитана возможная эквивалентная доза облучения кожи рук, значение которой составило 330 мЗв в год. Полученное значение ниже установленного предела дозы облучения кожи для профессионального облучения (500 мЗв), однако следует иметь в виду, что причиной завышенного или заниженного значения эквивалентной дозы кожи пальцев рук при проведении процедуры ПЭТ/КТ может являться неправильная эксплуатация дозиметра, например, нерегулярное ношение дозиметра или неправильное его расположение. Ответственность за это лежит на самом персонале, а также на службе радиационного контроля.

Введению РФП предшествуют получение контейнера с помещенным внутрь флаконом и подача его к прибору автоматического дозирования. Система дозирования предназначена для индивидуальной фасовки РФП в автоматический шприц. Деятельность медицинской сестры в технологическом процессе включает дозирование РФП, подготовку рабочего места для введения РФП пациентам и непосредственно процедуру введения.

В среднем за одну смену в процедурном кабинете лаборатории медсестра вводит препарат 5–7 пациентам. После введения препарата пациенты отправляются в специальный бокс, где еще находятся в течение одного часа, для того чтобы РФП равномерно распределился по организму. Спустя один час санитарный работник отводит пациента для проведения процедуры ПЭТ/КТ.

Поскольку в Центре используется радиофармпрепарат с  $^{18}\text{F}$ , который является источником позитронного (633,4 кэВ) и фотонного (511 кэВ) излучения, в рамках проведения радиационного контроля была измерена мощность амбиентного эквивалента дозы  $\gamma$ -излучения и плотность потока  $\beta$ -излучения в процедурном кабинете. Для проведения радиационного контроля были использованы дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М с блоком детектирования  $\beta$ -излучения БДПБ-02 и дозиметр рентгеновского и  $\gamma$ -излучения ДКС-АТ1121. Плотность потока  $\beta$ -излучения после введения радиофармпрепарата трем пациентам принимала значения в диапазоне от 31,4 до 526,0  $\text{мин}^{-1} \times \text{см}^{-2}$  на расстоянии 2 см от пола процедурного кабинета и от 41,0 до 281,3  $\text{мин}^{-1} \times \text{см}^{-2}$  на расстоянии одного метра от пола, в то время как в отсутствие источника излучения (радиофармпрепарата или радиоактивных отходов) плотность потока  $\beta$ -излучения принимала значения в диапазоне от 13,4 до 27,0  $\text{мин}^{-1} \times \text{см}^{-2}$  на расстоянии 2 см от пола процедурного кабинета, и в диапазоне от 15,8 до 22,6  $\text{мин}^{-1} \times \text{см}^{-2}$  на расстоянии одного метра от пола процедурного кабинета (фоновые уровни).

После введения РФП наблюдается значительное увеличение потока  $\beta$ -частиц, что может объясняться следующими факторами:

- контаминацией поверхностей пациентом после введения препарата;
- контаминацией поверхностей в процессе помещения использованного инфузионного комплекта в специальный защищенный контейнер.

Необходимы дальнейшие исследования и контроль плотности потока  $\beta$ -излучения в помещениях изотопной лаборатории ПЭТ/КТ диагностики Центра, где может находиться источник ионизирующего излучения (радиофармпрепарат, пациенты после введения радиофармпрепарата, радиоактивные отходы), что на данный момент не проводится.

В результате проведенных исследований установлена необходимость дальнейшего наблюдения и контроля в изотопной лаборатории ПЭТ/КТ диагностики и в других подобных учреждениях. Для оптимизации радиационной защиты персонала предлагается руководствоваться следующими рекомендациями:

обеспечить контроль индивидуального эквивалента дозы кожи рук для инженера и медсестер, непосредственно контактирующих с РФП;

дополнить порядок проведения радиационного контроля рабочих мест процедурой измерения плотности потока  $\beta$ -излучения;

оптимизировать процедуры работы с РФП и радиоактивными отходами для несанкционированного загрязнения поверхностей.

Поступила 20.09.2023

## ОПЫТ ВЕДЕНИЯ РАКОВОГО РЕГИСТРА ЗА 70-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЯ

*Денисова Е. В., denisova@subi.su,  
Окatenко П. В., okatenko@subi.su,  
Сокольников М. Э., д. м. н., sokolnikov@subi.su*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Южно-Уральский институт биофизики» Федерального медико-биологического агентства, г. Озерск, Россия

Город Озерск расположен на Южном Урале вблизи предприятия ядерного оружейного комплекса России — ФГУП «Производственное объединение „Маяк“» (далее — ПО «Маяк»). ПО «Маяк» — первое в России предприятие по выпуску оружейного плутония, входит в состав Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» и по настоящее время представляет собой многофакторный источник профессионального радиационного воздействия. Одной из актуальных задач гигиенического нормирования профессиональной деятельности на радиационно опасных объектах и условий проживания вблизи них является изучение последствий действия ионизирующего излучения.

В ФГБУН «Южно-Уральский институт биофизики» ФМБА России совместно с ФГБУЗ КБ № 71 ФМБА России создан канцер-регистр заболеваний злокачественными новообразованиями (свидетельство № 2019621208 от 08 июля 2019 г.). Регистр содержит 16 091 случай злокачественных новообразований, диагностированных у 14 547 больных при проживании их в г. Озерске в период 1948–2020 гг. Уникальность созданного канцер-регистра обусловлена длительностью периода наблюдения (более 70 лет), охватывающего все годы существования г. Озерска и деятельности ПО «Маяк». Жизненный статус известен для 95 % заболевших, 86 % случаев имеют морфологическую верификацию диагноза. В регистр включена информация о дате установления диагноза, заболевании, закодированном согласно МКБ-IX и X, закодированном по МКБ-О гистологическом заключении, данные о жизненном статусе, включая информацию о дате и причине смерти. Для подавляющего числа больных установлен профессиональный маршрут за весь период их трудовой деятельности в г. Озерске, а для лиц, находившихся на радиационном контроле ПО «Маяк», в базу внесена дозиметрическая информация. Одним из важных этапов ведения регистра является периодическое обновление информации о жизненном статусе лиц, включенных в него. Наибольшие проблемы в получении этих данных, а также установлении причины смерти создает миграция населения и законы, ограничивающие доступ к персональным и медицинским данным. Для возможности получения данных о членах регистра необходимо совершенствовать методы получения информации и расширять круг информационных источников.



В рамках российских и международных научных исследований с использованием данных регистра:

– получены статистически значимые количественные оценки радиогенного риска заболеваемости злокачественными новообразованиями органов основного депонирования плутония (легкое, печень, скелет) работников ПО «Маяк»;

– показаны статистически значимые различия радиогенного риска заболеваемости раком легкого различных гистологических типов в зависимости от дозы внешнего гамма- и внутреннего альфа-облучения от инкорпорированного плутония;

– показана сопоставимость оценок радиогенного риска на единицу дозы заболеваемости раком легкого и лейкозом работников радиационно опасных производств России и Великобритании.

Кроме того, с использованием данных канцер-регистра показана повышенная заболеваемость раком щитовидной железы лиц, проживавших в детском возрасте в г. Озерске в наиболее неблагоприятный период, характеризуемый неконтролируемыми выбросами радиоактивного йода.

Таким образом, регистр заболеваний злокачественными новообразованиями жителей г. Озерска является важной информационной базой для исследования медицинских последствий влияния радиационного фактора, в том числе фактора родительского и прародительского облучения, а также проживания вблизи радиационно опасных предприятий.

Поступила 13.09.2023

## ОЦЕНКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПРИ ГИПОТЕТИЧЕСКОЙ ЗАПРОЕКТНОЙ АВАРИИ НА СМОЛЕНСКОЙ АЭС

*Жукова О. М., к. т. н., доцент, olga.zhukova.47@inbox.ru,*

*Николаенко Е. В., к. м. н., nikolaenko67@gmail.com,*

*Попова Е. Н., katia.popova6791@gmail.com,*

*Кочергина Н. С., natkoch09@gmail.com*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

В рамках задания 05.02. «Разработать методические основы прогнозирования и оценки доз облучения населения Республики Беларусь при авариях на атомных электростанциях» подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг» проведена оценка прогнозируемых и полученных доз облучения населения Республики Беларусь при возникновении аварийных ситуаций на Смоленской АЭС с целью обоснования защитных мероприятий.

Смоленская АЭС расположена в 75 км от границы с Республикой Беларусь и состоит из трех энергоблоков с реакторами типа РБМК-1000.

Реактор типа РБМК работает по одноконтурной схеме и по причине его конструктивных особенностей даже при небольшой аварии служит источником радиоактивного загрязнения.

Наиболее неблагоприятным аварийным сценарием для реакторов типа РБМК является авария с выбросом радиоактивных веществ, аналогичным чернобыльскому, уровень тяжести 7 по шкале ИНЕС:  $(1,7-2,7) \times 10^{17}$  Бк по  $^{131}\text{I}$ ;  $(1,11-3,7) \times 10^{16}$  Бк по  $^{137}\text{Cs}$ . При такой гипотетической аварии вероятность выброса летучих радионуклидов, таких как  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$ ,  $^{131}\text{Te}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ , и инертных газов наиболее высока, при этом в течение первых дней и недель после аварии наибольший вклад в формирование доз облучения вносят короткоживущие радионуклиды, такие как  $^{132}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{141}\text{Ce}$ , а также  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ .

Оценка доз облучения населения Республики Беларусь при гипотетической запроектной аварии (далее — ЗА) на Смоленской АЭС проводилась для 5 метеосценариев: сценарий 1 «Лето без осадков», сценарий 2 «Лето с осадками», сценарий 3 «Зима без осадков», сценарий 4 «Зима с осадками», сценарий 5 «Лето, максимальный ветер» — экстремальный.

С использованием программного пакета JRODOS выполнено прогнозирование атмосферного переноса радиоактивного загрязнения и оценены дозы облучения населения Республики Беларусь.

В результате расчетов было установлено, что радиоактивное облако дойдет до границы Беларуси за 1–2 часа при реальных погодных условиях и менее чем за час при экстремальном ветре (более 20 м/с).

Максимальные плотности выпадения радионуклидов на территории Беларуси за 24 часа после ЗА на Смоленской АЭС составят:  $^{131}\text{I}$  —  $5,54 \times 10^5$  Бк/м<sup>2</sup>– $1,03 \times 10^6$  Бк/м<sup>2</sup>;  $^{137}\text{Cs}$  — более 37 кБк/м<sup>2</sup>;  $^{90}\text{Sr}$  — более 5,55 кБк/м<sup>2</sup>, что принесет дополнительный вклад в радиоактивное загрязнение приграничной территории республики.

Максимальные значения мощности дозы гамма-излучения составят 270 мкЗв/ч и будут наблюдаться через 5 часов (сценарий 3) на приграничной территории. Данное значение превысит действующий уровень вмешательства (ДУВ 2) «Мощность дозы гамма-излучения на высоте 1 м над поверхностью почвы» — 100 мкЗв/ч, что потребует введения защитных мер в виде прекращения потребления местных продуктов питания (овощей и молока) и воды из открытых источников, а также временного переселения людей с загрязненных территорий.

Диапазон значений доз облучений красного костного мозга на границе республики за 10 часов с момента аварии при сценариях 1–5 составит от  $3,19 \times 10^{-4}$  до  $2,68 \times 10^{-3}$  Гр. Критерий аварийного реагирования (1 Гр) для всех метеосценариев при ЗА не будет превышен, в связи с этим для населения Беларуси не потребуются принятие срочных защитных мер для предотвращения или сведения к минимуму тяжелых детерминированных эффектов.

На границе республики максимальные прогнозируемые дозы облучения у детей за первые 7 дней после ЗА составят 441 мЗв, у взрослых — 201 мЗв, что превысит национальный критерий аварийного реагирования для блокирования щитовидной железы (50 мЗв) и вызовет необходимость блокирования щитовидной железы (в течение 1 часа).

С целью определения необходимости проведения укрытия, эвакуации, дезактивации, ограничения потребления пищевых продуктов, молока и воды, контроля радиоактивного загрязнения, а также информирования населения оценена общая эффективная доза облучения за первые 7 дней после ЗА при различных метеосценариях в обычных условиях проживания населения составит от 4,71 до 46 мЗв на границе республики (80 км от АЭС) и от 4 до 42 мЗв — в радиусе 100 км от АЭС. В случае консервативной оценки максимальные значения общей эффективной дозы составят 77 и 70 мЗв на расстояниях 80 км и 100 км от АЭС соответственно.

Таким образом, в случае ЗА на Смоленской АЭС критерий реагирования (100 мЗв за первые 7 дней) не будет превышен даже в случае консервативной оценки (постоянное пребывание на открытом воздухе).

Доза облучения населения от потребления загрязненных  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  продуктов питания за первые 7 дней составит 15 мЗв на расстоянии 80 км и до 10 мЗв — на расстоянии 100 км от АЭС.

С учетом потребления загрязненными радионуклидами продуктов питания максимальные значения общей эффективной дозы для населения республики составят 92 мЗв и 80 мЗв на расстоянии 80 км и 100 км от АЭС соответственно и практически достигнут критерия аварийного реагирования (100 мЗв за первые 7 дней).

Защитные мероприятия в виде последующего медицинского наблюдения и консультирования могут потребоваться населению приграничных населенных пунктов Республики Беларусь.

Результаты оценки показывают, что при отсутствии ограничительных мер по потреблению местных продуктов питания населением приграничных территорий республики дозы облучения могут превысить критерий аварийного реагирования для временного переселения, дезактивации, завоза чистых пищевых продуктов, молока и воды, информирования населения (100 мЗв в год) на расстоянии 80 км от Смоленской АЭС в случае экстремальных погодных условий (ветер свыше 20 м/с в сторону Беларуси).

Исходя из полученных результатов моделирования, гипотетическая ЗА на Смоленской АЭС с выбросом радионуклидов, равным чернобыльскому, потребует проведения следующих мер по защите населения Республики Беларусь:

- блокирование щитовидной железы в населенных пунктах в радиусе до 100 км от АЭС;
- укрытие, эвакуация населения, дезактивация территорий республики, граничащих с Российской Федерацией;
- ограничение потребления местных продуктов питания на приграничной территории в радиусе до 100 км от АЭС;
- проведение аварийного радиационного мониторинга продуктов питания и питьевой воды в радиусе до 300 км от АЭС;
- информирование населения;
- последующее медицинское наблюдение и консультирование населения приграничных населенных пунктов Республики Беларусь в долгосрочном периоде;
- проведение радиационного обследования территорий в радиусе 100–300 км с целью уточнения плотности загрязнения почвы  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  для принятия дальнейших управленческих решений.

Следует отметить, что данная оценка последствий гипотетической ЗА на Смоленской АЭС является наиболее консервативной, так как оценен максимально пессимистичный аварийный сценарий («чернобыльский» выброс, не учтено наличие защитной оболочки реактора — контайнмента, принято направление ветра только в сторону Республики Беларусь).

Поступила 03.10.2023

## **О РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКЕ И ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Липницкий Л. В., radgimcge@yandex.by,*

*Нечай С. В.,*

*Устименко М. В., radgimcge@yandex.by,*

*Курдун Е. В., radgimcge@yandex.by*

Учреждение здравоохранения «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», г. Могилев, Республика Беларусь

Для оценки радиационной обстановки использованы результаты радиационно-гигиенического мониторинга продуктов питания, питьевой воды, других объектов среды обитания человека, данные радиационного контроля продуктов питания из личных подсобных хозяйств, сведения из научных источников и официальных изданий о радиационной обстановке на территории региона и страны.

На части территорий области радиационная обстановка определялась радиоактивным загрязнением в результате аварии на Чернобыльской АЭС (далее — ЧАЭС). На территории радиоактивного загрязнения (25 % от общей площади) находится 660 населенных пунктов, в которых проживает 10 % населения области.

В настоящее время вся производимая предприятиями и реализуемая населению пищевая продукция соответствует по содержанию радионуклидов гигиеническим нормативам, при этом их содержание в продуктах питания в десятки раз ниже допустимых уровней, что обеспечивает снижение доз внутреннего облучения населения до минимальных значений. Согласно Государственной программе по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, постоянно проводятся сельскохозяйственные защитные мероприятия по созданию улучшенных луговых земель в сельскохозяйственных организациях, в том числе для скота личных подсобных хозяйств. Проведение защитных мероприятий обеспечивало постоянное уменьшение количества населенных пунктов, в которых регистрировалось производство молока с превышением РДУ содержания радионуклидов. Так, если в 2001 г. молоко с превышением по цезию-137 было выявлено в 50 населенных пунктах, а в 2013 г. — только в одном, то в последующие годы не выявлено проб молока с превышением РДУ. Однако в 2021 г. в двух домовладениях двух населенных пунктов с плотностью радиоактивного загрязнения 90,71 кБк/м<sup>2</sup> и 285 кБк/м<sup>2</sup> было установлено превышение допустимого уровня содержания радионуклида цезия-137 в молоке.

Всего в 2022 г. в плановом порядке было обследовано 123 населенных пункта в 11 районах области. Выполнено 1598 радиологических исследований продуктов питания (молоко, картофель, овощи, фрукты, ягоды, питьевая вода), произведенных в ЛПХ, на содержание радионуклидов цезия-137 и стронция-90. Все пробы, в том числе молока, по содержанию радионуклидов соответствовали допустимым уровням. Анализ распределения проб молока по удельной активности радионуклида цезий-137 показывает, что 99,4 % проб молока находились в диапазоне до 37 Бк/л, 100 % проб картофеля, овощей, фруктов находились в диапазоне до 37 Бк/кг.

Регулярное потребление даров леса с высоким содержанием радионуклидов увеличивает поступление радионуклидов в организм и соответственно риск для здоровья. По результатам радиационного контроля ЦГЭ в 2022 г. не соответствовало допустимым уровням по содержанию радионуклида цезия-137 13,2 % проб грибов, 10,6 % ягод лесных, 5 % мяса диких животных.

По данным ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ» (СИЧ-измерения) средняя годовая эффективная доза внутреннего облучения населения составила в 2021 г. 0,019 мЗв/год. Индивидуальные дозы внутреннего облучения выше контрольного уровня 1 мЗв/год не регистрировались.

На индивидуальном дозиметрическом контроле в 2022 г. состояло 89 человек, проживающих и работающих на радиоактивно загрязненной территории. Не зарегистрировано случаев превышений референтного уровня внешнего облучения 5 мЗв/год у работников, осуществляющих хозяй-

ственную деятельность на радиоактивно загрязненных территориях. Средние годовые дозы внешнего облучения населения контрольной группы (природное и радиоактивное загрязнение) в профессиональных группах находились в диапазоне 1,21–1,90 мЗв/год.

Таким образом, в целом реализация мероприятий Государственных программ по преодолению последствий катастрофы на ЧАЭС обеспечивает снижение неблагоприятного риска для здоровья населения, пострадавшего от катастрофы на ЧАЭС.

В области функционирует 147 организаций здравоохранения и предприятий, где используется около 900 радиоактивных источников и устройств, генерирующих ИИ.

Всего на индивидуальном дозиметрическом контроле в 2022 г. находилось 1095 чел., из них в организациях здравоохранения — 906 чел. Индивидуальные годовые эффективные дозы облучения персонала в 2022 г. не превышали предела дозы облучения, установленного Гигиеническим нормативом «Критерии оценки радиационного воздействия», средние значения которых составляли в профессиональных группах 1,17–2,22 мЗв/год. По сравнению с 2021 г. средняя индивидуальная доза внешнего облучения персонала в 2022 г. существенно не изменилась. Результаты анализа доз облучения за 10-летний период позволяют принять величины граничных доз облучения для персонала организаций здравоохранения и промышленности 6–8 мЗв/год, ниже которых проводится оптимизация радиационной защиты персонала.

Расчеты на основе коэффициентов номинального риска злокачественных новообразований показывают, что индивидуальный пожизненный риск возникновения стохастических эффектов для персонала составляет  $6,1 \times 10^{-5}$  случаев в год (индивидуальный пожизненный риск для установления годового предела дозы персонала  $1,3 \times 10^{-3}$ ), является приемлемым (вероятность реализации у них радиационно-обусловленных онкологических заболеваний пренебрежимо мала) и относится к области оптимизации риска.

Территория области относится к радоноопасной. По данным мониторинга радона, проводимого ГНУ «ОИЭЯИ — Сосны» НАН Беларуси, доля эксплуатируемых помещений с ЭРОА радона и торона выше  $100 \text{ Бк/м}^3$  (норматив для построенных зданий) составила 10,7%, а более  $200 \text{ Бк/м}^3$  (норматив для эксплуатируемых жилых зданий) — 1,4%. Среднее значение объемной активности радона составило  $98 \text{ Бк/м}^3$ , максимальное —  $313 \text{ Бк/м}^3$ . Средняя годовая эффективная доза облучения от радона и его продуктов распада для населения области составила 3,6 мЗв/год, максимальная — 19,7 мЗв/год, опубликовано ранее (А. К. Карабанов, А. В. Матвеев, Л. А. Чунихин, Д. Н. Дроздов, А. Л. Чеховский, И. В. Жук, О. И. Ярошевич, М. В., Конопелько, 2015).

Оценка рисков от облучения дочерними продуктами распада радона, опубликовано (Л. В. Липницкий, Е. В. Костицкая, 2004, 2005) на основе среднегодовой экспозиции дочерних продуктов распада радона, вероятности дожития до определенного возраста, частоты спонтанного возникновения рака легкого и с использованием моделей экстраполяции радиационного риска, показывает, что пожизненный риск рака легкого при облучении изотопами радона составляет для населения Могилевской области 13,8% (от 36 до 125 дополнительных случаев рака легкого по различным моделям).

В целом существующие технологии в проектировании и строительстве обеспечивают выполнение установленного гигиенического норматива радона в зданиях, что позволяет оптимизировать коллективные и индивидуальные риски от воздействия радона для населения области. По результатам анализа измерений радона, проведенных центрами гигиены и эпидемиологии за период 2004–2022 гг., превышений референтного уровня радона в воздухе помещений во вновь построенных, реконструируемых жилых домах не установлено. Вместе с тем не соответствовало за данный период наблюдения критерию радоноопасности 3,4% земельных участков для строительства жилых, общественных зданий, измерения плотности потока радона на поверхности земли выполнены областным центром гигиены и эпидемиологии (опубликовано Л. В. Липницкий, С. В. Нечай и др., 2013, 2019). В ходе проектирования зданий были предусмотрены решения по снижению поступления радона.

В медицинских учреждениях области ежегодно проводится в целях диагностики заболеваний 1,9 млн рентгенологических исследований, т. е. около 2 исследований на каждого жителя области. Среднегодовая эффективная доза на 1 жителя области в 2021 г. составила 0,74 мЗв, имеет тенденцию роста (2008 г. — 0,48 мЗв). В последние годы отмечается увеличение вклада рентгеновской компьютерной томографии в коллективную дозу от медицинского облучения, которая в 2021 г. составила 33,5% (7% — в 2008 г.).

Результаты радиационно-гигиенической паспортизации позволяют оценить основные показатели радиационно-гигиенической обстановки на территории области. Воздействие ионизирующего излучения на человека определяется суммарной эффективной дозой от всех источников. Анализ годовой коллективной дозы облучения населения области показывает, что в структуре облучения независимо от наличия послеаварийного чернобыльского загрязнения ведущее место занимают

природные (76,7%) и медицинские (22,6%) источники ионизирующего излучения. В природном облучении большая часть приходится на радон и продукты его распада. Для территории радиоактивного загрязнения вклад чернобыльской компоненты в общую дозу составляет около 10%. Эффективные коллективные дозы от воздействия природных источников, медицинского облучения, чернобыльского загрязнения и глобальных выпадений составили соответственно 2 553,34; 747,28; 15,37; 7,10 чел.-Зв. Коллективная доза персонала, работающего с ИИИ, относительно небольшая — 1,3 чел.-Зв.

Средняя эффективная индивидуальная доза облучения для населения области от основных источников ионизирующего излучения составила для радиоактивно загрязненных территорий 3473 мкЗв/год, в целом по области — 3278 мкЗв/год.

С учетом вклада различных видов облучения в коллективную дозу требуется продолжить проведение обследований жилых зданий с целью выявления повышенных концентраций радона и продуктов его распада с реализацией при необходимости защитных мер. При этом продолжить использование мер профилактической направленности: проведение работ по радиационному обследованию земельных участков под застройку, учет степени их радоноопасности при проектировании позволят предупредить ввод в эксплуатацию жилых и общественных зданий с превышением нормативов содержания радона в воздухе помещений и соответственно снизить риск рака легкого от облучения радоном и его короткоживущими дочерними продуктами распада. Разработка программы действий по снижению содержания радона в помещениях может способствовать более целенаправленной работе по данной проблеме, в том числе позволит обеспечить подготовку официальных карт радоновой опасности территории на основе общей методологии, провести эпидемиологические исследования с оценкой риска рака легкого в группах населения, проживающего на территориях с различным уровнем радоноопасности. Наиболее эффективным мероприятием по ограничению медицинского облучения будет замена длительно эксплуатируемой рентгеновской техники в организациях здравоохранения на рентгенаппараты с низкой дозой излучения, внедрение новых технологий обследований пациентов, исключение случаев необоснованного направления пациентов на рентгенологические исследования и оптимальная их организация и проведение.

При планировании и проведении мероприятий по ограничению облучения населения должна учитываться необходимость проведения мероприятий по поддержанию на низком уровне содержания радионуклидов в молоке личных подсобных хозяйств радиоактивно загрязненных населенных пунктов, а также продолжения информационной работы с населением по недопущению потребления загрязненной радионуклидами пищевой продукции леса.

Поступила 15.09.2023

## **ОЦЕНКА ЧАСТОТЫ ВСТРЕЧАЕМОСТИ АУКСОТРОФНЫХ ВАРИАНТОВ БАКТЕРИЙ ГРУППЫ КИШЕЧНОЙ ПАЛОЧКИ В ПРОБАХ ПОЧВ, НАХОДИВШИХСЯ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

*Мальцева С. В., sveta.malceva28@mail.ru,  
Грицкевич Е. Р., к. б. н., доцент, gritskevitchev@mail.ru,  
Сыса А. Г., к. х. н., доцент, aliaksei.sysa@iseu.by,  
Бученков И. Э., к. с.-х. н., доцент, butchenkow@list.ru,  
Хайдер А., haidar.alamer@gmail.com*

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

В результате аварии на Чернобыльской АЭС территория Беларуси подверглась глобальному загрязнению радиоактивными изотопами. Несмотря на то что к настоящему времени значительная часть радионуклидов с небольшим периодом полураспада (йод-131, цезий-134) естественным образом на несколько порядков потеряли свою радиоактивность, естественные и сельскохозяйственные экосистемы по-прежнему загрязнены цезием-137, стронцием-90, изотопами плутония, америцием-241, имеющими периоды полураспада от 14 до 24 065 лет.

Последствия чернобыльской катастрофы затронули в той или иной мере все сферы жизнедеятельности, но особое внимание уделяется загрязнению почвы. Поступая в почву, изотопы в первую

очередь влияют на ее биологические свойства, в результате меняются общая численность микроорганизмов, их качественный состав, структура микробиоценозов.

Также отмечается влияние ионизирующего излучения на биохимические свойства микроорганизмов, с высокой корреляционной зависимостью между активностью ферментов и мощностью дозы. Это объясняется различными значениями интенсивности мощности доз излучения, созданного за счет неравномерного распределения радионуклидов в почвах на изучаемых участках. Таким образом, присутствие фонового излучения оказывает ингибирующее действие на активность ферментов, приводящее к появлению свойств ауксотрофности.

Ауксотрофы — микроорганизмы, характеризующиеся нарушением синтеза метаболита, без наличия которого они не способны расти на минимальных питательных средах. Каждый из ауксотрофных мутантов содержит нарушение одного или более звеньев биосинтеза необходимого метаболита и вследствие этого нуждается в одном или нескольких питательных веществах для роста.

В ходе исследования была проведена оценка частоты встречаемости ауксотрофных форм бактерий группы кишечной палочки (далее — БГКП) (имеющие повсеместное распространение и высокую устойчивость), выделенных из почв территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (далее — ПГРЭЗ), находившихся в условиях длительного воздействия ионизирующего излучения, и территории Березинского биосферного заповедника (естественный фоновый уровень ионизирующего излучения) (далее — ББЗ).

Отбор проб для микробиологического анализа почв исследуемых территорий (25 м<sup>2</sup> каждая) проводился с использованием метода выделения микроорганизмов по «конверту» (четыре точки по углам и одна в центре). Исследование проводилось в рамках научно-исследовательских проектов: «Изучение экологических особенностей функциональной активности почвенных микроорганизмов в условиях длительного воздействия ионизирующего излучения (на примере модельных территорий)» ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» рег. № 20211336 и «Оценка встречаемости ауксотрофных вариантов аммонифицирующих бактерий почв, находившихся в условиях длительного воздействия ионизирующего излучения» рег. № 20230360.

Ауксотрофные варианты идентифицировали по неспособности к росту на минимальной агаризованной среде. Минимальный агар готовили из 300 мл 2%-го водяного агара, 100 мл солевого концентрата (NH<sub>4</sub>Cl — 20 г, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> — 4 г, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — 8 г, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> — 12 г, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> — 4 г, MgSO<sub>4</sub> × 7 H<sub>2</sub>O — 0,4 г, дистиллированная вода — 1000 мл) и 4 мл 20%-го раствора глюкозы. Пищевые потребности объекта исследования определяли с использованием минимальной среды аналогичного состава с различными комбинациями аминокислот. В работе использовали 10 аминокислот с концентрацией 2 мг/мл (метионин, тирозин, лизин, глицин, пролин, гистидин, серин, аргинин, лейцин, цистеин). Все культуры инкубировались 24 часа при температуре 32 °С. Принадлежность к полиауксотрофной форме подтверждали по необходимости присутствия пяти и более факторов роста в питательной среде.

В результате исследования были изучены питательные потребности в аминокислотах у выделенных культур БГКП. Следует отметить, что ауксотрофные варианты были выделены из всех отобранных проб почв.

Было выявлено, что статистически значимо реже ауксотрофные варианты БГКП встречались в пробах почв ББЗ (10 [8,5÷11,4] %,  $p < 0,05$ ), находившихся в условиях естественного фонового уровня ионизирующего излучения, чем в пробах почв из ПГРЭЗ (50 [48,5÷51,4] %,  $p < 0,05$ ).

В ходе изучения питательных потребностей было показано, что культур, нуждающихся в присутствии одной аминокислоты, не выявлено. Установлено, что 15 % ауксотрофных мутантов БГКП, выделенных из проб почв ББЗ, испытывали потребность в 4 аминокислотах. Полиауксотрофность выявлена у 75 % БГКП, выделенных из проб почв той же местности, с добавлением в среду 5 и более аминокислот.

Среди ауксотрофных форм, выделенных из проб почв ПГРЭЗ, 10 % испытывали потребность в 3–4 аминокислотах, а 90 % нуждались в 5 и более.

Следует отметить, что в данной работе впервые оценена частота встречаемости ауксотрофных вариантов БГКП, выделенных из почв, находившихся в условиях длительного воздействия ионизирующего излучения, исходя из потребностей в дополнительных факторах роста. Изучена зависимость БГКП от 10 аминокислот, выдвинуто предположение о корреляции числа ауксотрофных вариантов и уровня радиационного фона (повреждающего фактора).

Таким образом, полученные данные о выявлении ауксотрофности среди БГКП позволяют использовать диагностику пищевых потребностей для разработки стратегии мониторинга санитарного состояния почв регионов, находившихся в условиях радиоактивного загрязнения.

Поступила 22.09.2023

## ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕЛОРУССКОЙ АЭС

Николаенко Е. В., к. м. н., [zav\\_radsafety@rspch.by](mailto:zav_radsafety@rspch.by),  
Елизарова Н. В., [natalliasaroko@gmail.com](mailto:natalliasaroko@gmail.com)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Выполнены анализ и оценка радиационно-гигиенической обстановки в зоне наблюдения Белорусской АЭС (далее — БелАЭС) и оценены дозы облучения населения от техногенных и природных радионуклидов, присутствующих в окружающей среде в зоне наблюдения, и от источников ионизирующего излучения (далее — ИИИ), используемых в медицинской диагностике. В анализе использованы следующие данные радиационной обстановки в 2022 г. в зоне наблюдения Белорусской АЭС и Островецком районе:

– радиационно-гигиенического мониторинга пищевых продуктов, питьевой воды, природной воды реки Вилия и мест проживания населения, проводимого учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор;

– радиационного мониторинга (воздух, почва, вода питьевая и вода реки Вилия), осуществляемого ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» и БелАЭС;

– дозы облучения пациентов Островецкого района от медицинских диагностических радиологических процедур — по данным государственной статистической отчетности ГУ «Островецкая центральная районная клиническая больница»;

– фоновые уровни радиоактивного загрязнения зоны наблюдения БелАЭС, полученные до ввода в эксплуатацию БелАЭС;

– уровни содержания природных радионуклидов в воде, включая результаты собственных исследований  $^{222}\text{Rn}$  в воздухе жилых помещений и питьевой воде.

В соответствии с законодательством Республики Беларусь оценку радиационной безопасности населения выполняют на основе оценки доз облучения репрезентативного лица из населения, проживающего в условиях воздействия источника излучения или радиационного объекта. В рамках исследований была выполнена оценка годовой эффективной дозы облучения (далее — ГЭД) репрезентативного лица, а также населения следующих возрастных групп: дети 1–2 лет, дети 3–7 лет, дети 8–12 лет, дети 13–17 лет и взрослое население — старше 17 лет.

Суммарные ГЭД облучения составили 20,2 мЗв и 5,8 мЗв для взрослого и детского населения соответственно.

Дозы облучения от медицинских ИИИ (диагностических радиологических исследований) оценены ретроспективно по данным ГУ «Островецкая центральная клиническая больница» за период 2019–2021 гг. для взрослого населения от рентгенографии, рентгеноскопии и КТ-диагностики, а для детского населения — суммированием эффективных доз от рентгенографии и КТ-диагностики и составили соответственно около 16 мЗв для взрослых и 5,6 мЗв для детского населения. Вклад в суммарную ГЭД для взрослых составил около 80 %, для детей — 96 %.

ГЭД от ингаляции  $^{222}\text{Rn}$  в жилом доме оценена только для взрослого населения по данным собственных исследований в период 2021–2022 гг. и составила в среднем около 4 мЗв, а максимальная — около 10 мЗв, что составляет около 19 % от суммарной ГЭД для взрослых.

По результатам исследований средняя ГЭД облучения взрослого населения природными радионуклидами ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ) от потребления питьевой воды составила 0,05 мЗв, детей (средняя разных возрастных групп) — 0,14 мЗв/год. Дополнительно проведена оценка доз внутреннего облучения населения от  $^{222}\text{Rn}$  в питьевой воде из артезианских и колодезных скважин и составила 0,05 мЗв.

Максимальные ГЭД внутреннего облучения населения от перорального поступления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  при потреблении питьевой воды были у детей — 0,014 мЗв (для сравнения: у взрослых — 0,013 мЗв). Средняя ГЭД внутреннего облучения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  от пищевых продуктов детей составила 0,06 мЗв, для взрослого населения — 0,04 мЗв.

Поступила 03.10.2023

# РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ В ЛИЧНЫХ ПОДСОБНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ, НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В 2017–2022 ГГ.

Николаенко Е. В., к. м. н., [nikolaenko67@gmail.com](mailto:nikolaenko67@gmail.com),  
Кочергина Н. С., [natkoch09@gmail.com](mailto:natkoch09@gmail.com),  
Попова Е. Н., [katia.popova6791@gmail.com](mailto:katia.popova6791@gmail.com),  
Жукова О. М., к. т. н., доцент, [olga.zhukova.47@inbox.ru](mailto:olga.zhukova.47@inbox.ru)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

В рамках Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2021–2025 гг. выполнен анализ результатов радиационного-гигиенического мониторинга (далее — РГМ) и радиационного контроля пищевых продуктов, выращиваемых населением в личных подсобных хозяйствах, выполненных учреждениями государственного санитарного надзора в 2017–2022 гг. в населенных пунктах (далее — НП), расположенных в зонах радиоактивного загрязнения после катастрофы на Чернобыльской АЭС (далее — ЧАЭС). В рамках исследований выполнен анализ только продукции, выращиваемой населением на приусадебных участках, в задачи исследований не входил анализ уровней радиоактивного загрязнения пищевой продукции леса.

В 2022 г. был утвержден новый гигиенический норматив, и с 8 марта 2023 г. в Республике Беларусь действует гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия», утвержденный постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29 ноября 2022 г. № 829, которым установлены нормативы содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах. Однако при выполнении анализа были использованы нормативы содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах, установленные гигиеническим нормативом ГН 10-117-99 «Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99)», утвержденным постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 26 апреля 1999 г. № 16.

В результате анализа данных о радиоактивном загрязнении пищевых продуктов из личных подсобных хозяйств в НП, расположенных в зонах радиоактивного загрязнения, установлено, что в 2017–2022 гг. превышения РДУ-99 были выявлены в НП Гомельской области — 6 НП, Могилевской — 2 НП и Брестской области — 1 НП. Всего за исследуемый период обнаружены превышения нормативов РДУ-99 по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в 13 пробах пищевых продуктов:

- молоко: содержание  $^{137}\text{Cs}$  превысило норматив (100 Бк/л) в 9 пробах (max — 265,8 Бк/л);  $^{90}\text{Sr}$  — в 2 пробах (max — 8,0 Бк/л) при нормативе 3,7 Бк/л;
- картофель: максимальное содержание  $^{137}\text{Cs}$  достигло нормативного значения и составило 80 Бк/кг (при нормативе 80 Бк/кг);  $^{90}\text{Sr}$  — 4,2 Бк/кг (при нормативе 3,7 Бк/кг);
- петрушка: содержание  $^{137}\text{Cs}$  превысило норматив (100 Бк/л) в 1 пробе и составило 158 Бк/кг.

Полученные результаты исследований были использованы при обосновании предложений по оптимизации радиационного контроля и мониторинга. В анализируемый 6-летний период учреждения госсаннадзора выполнили радиационный контроль и мониторинг пищевых продуктов в 2044 НП, в том числе по областям: Гомельская — 1273, Могилевская — 571, Брестская — 93, Минская — 58, Гродненская — 49.

В результате выполненных работ на основе данных о радиационной обстановке в НП в отдаленный период после катастрофы на ЧАЭС на территории Республики Беларусь нами был обоснован перечень реперных НП для проведения регулярного РГМ в последующие годы. Предварительно было выбрано всего 300 реперных НП, расположенных на территориях с разной плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , и разработан проект программы РГМ.

Полученные результаты являются промежуточными, планируется продолжить работы по анализу радиационной обстановки в населенных пунктах, расположенных в зонах радиоактивного загрязнения, и оценке радиационной безопасности населения, проживающего в ситуации существующего облучения на загрязненных в результате катастрофы на ЧАЭС территориях.

Поступила 03.10.2023



## ВЕРИФИКАЦИЯ ЗНАЧЕНИЯ ГРАНИЧНОЙ ДОЗЫ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕЛОРУССКОЙ АЭС

*Роздяловская Л. Ф., lrozdyalousskaya@gmail.com,  
Николаенко Е. В., к. м. н., zav\_radsafety@rspch.by, nikolaenko67@gmail.com*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

В целях планирования оптимизированной радиационной защиты населения при эксплуатации ядерных и радиационных объектов Международная комиссия по радиологической защите (далее — МКРЗ) начиная с 1991 г., рекомендует использовать концепцию граничной дозы (далее — ГД). В применении к Белорусской АЭС ГД для населения — заблаговременно установленное ограничение индивидуальной дозы облучения репрезентативного лица из населения от воздействия радиоактивных выбросов и сбросов АЭС, обеспечивающее базовый уровень защиты и определяющее максимальную индивидуальную годовую эффективную дозу (далее — ГЭД), которую население (репрезентативное лицо) может получить в результате нормальной эксплуатации станции. Разность между пределом дозы для населения и ГД рассматривается как резерв, величина которого характеризует уровень радиационной безопасности населения от воздействия радиоактивных выбросов и сбросов АЭС.

В соответствии с рекомендациями МКРЗ ГД населения от воздействия сбросов и выбросов атомной электростанции должна быть установлена уже на стадии проектирования связанной со строительством станции ситуации планируемого облучения. Дозы населения (репрезентативного лица), облучение которого в проектном решении должно ограничиваться ГД, являются перспективными, то есть дозами, которые население может получить в будущем, после ввода АЭС в эксплуатацию. ГД населения на этапе проектирования АЭС устанавливается на основе данных о дозах облучения населения при эксплуатации аналогичных реакторных установок или станций (далее — станция-аналог), результатов научных исследований, анализа данных официальных источников информации о сбросах и выбросах станций-аналогов.

Для Белорусской АЭС ГД населения (квота) в значении 100 мкЗв/год установлена Санитарными нормами, правилами и гигиеническими нормативами «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31 марта 2010 г. № 39, и затем подтверждена в гигиеническом нормативе «Критерии оценки радиационного воздействия», утвержденном постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 г. № 37 (в редакции от 29 ноября 2022 г. № 829). ГД 100 мкЗв/год определяет границу для суммарного облучения населения от всех источников радиоактивных поступлений от Белорусской АЭС в окружающую среду — 50 мкЗв/год за счет газоаerosольных выбросов в атмосферу и 50 мкЗв/год за счет жидких сбросов в поверхностные водоемы, независимо от количества энергоблоков на промышленной площадке. Установленное значение ГД определено на основе российского подхода к ограничению дозы облучения населения от эксплуатации новых российских АЭС с реакторами, аналогичными по конструкции реакторам Белорусской АЭС (ВВЭР-1200). Оно соответствует рекомендациям МКРЗ для ГД (300 мкЗв/год от действующего или потенциального источника излучения), а также является одним из самых низких в сравнении с АЭС других стран (Германия — 300 мкЗв/год, США, Китай — 250 мкЗв/год).

Тем не менее, в ходе выполнения научных исследований по оценке потенциального воздействия Белорусской АЭС на население было интересно провести верификацию установленного значения ГД на предмет его соответствия условиям эксплуатации Белорусской АЭС и перспективы его дальнейшей оптимизации в ходе эксплуатации и расширения Белорусской АЭС. Для верификации использовались подходы и рекомендации, разработанные на базе проведенных исследований, реализованные в Инструкции по применению № 009-1121 «Метод оценки радиационного риска здоровью и определения граничных доз облучения населения при нормальной эксплуатации Белорусской АЭС», утвержденной заместителем Министра — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 28 января 2022 г. (далее — Инструкция по применению).

Анализ соответствия проводился путем сравнения установленного значения ГД с ГЭД репрезентативного лица, проживающего в зоне наблюдения Белорусской АЭС, при условии, что его облучение обусловлено выбросами и сбросами, аналогичными фактическим выбросам и сбросам станций-аналогов по радионуклидному составу и уровням активности радионуклидов.

Для расчета ГЭД применялись математические модели, в которые в качестве исходных параметров вводились данные о метеоусловиях площадки размещения Белорусской АЭС, гидрологиче-

ские характеристики водоема, в который поступают жидкие сбросы от Белорусской АЭС, — реки Вилия и параметры репрезентативного лица населения, проживающего в зоне наблюдения Белорусской АЭС, полученные в результате опроса населения специалистами республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» в Островецком районе в 2017–2018 гг. В качестве параметров, характеризующих сбросы и выбросы, вводились характеристики фактических сбросов и выбросов станций-аналогов Белорусской АЭС, Ленинградской (далее — ЛАЭС-2) и Нововоронежской АЭС (далее — НВАЭС-2). Такой подход к выбору исходных параметров позволил предположительно рассматривать расчетные ГЭД как ГЭД населения от прогнозных фактических выбросов и сбросов Белорусской АЭС.

Был выполнен расчет ГЭД населения от предполагаемых фактических газоаэрозольных выбросов и сбросов с учетом всего перечня дозообразующих радионуклидов, детектируемых в сбросах ( $^3\text{H}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ) и выбросах ( $^{41}\text{Ar}$ ,  $^{133}\text{Xe}$ ,  $^{135}\text{Xe}$ ,  $^{135\text{m}}\text{Xe}$ ,  $^{138}\text{Xe}$ ,  $^{87}\text{Kr}$ ,  $^{88}\text{Kr}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) станций-аналогов при условии их нормальной эксплуатации, и по всем возможным путям облучения репрезентативного лица. Эти расчеты привели к следующим результатам:

суммарная расчетная ГЭД по всем путям облучения репрезентативного лица от жидких сбросов Белорусской АЭС в реку Вилия, включая дозы от облучения  $^3\text{H}$ , составляет:

– при использовании в расчетах активностей радионуклидов в фактических сбросах ЛАЭС-2 — 3,8 мкЗв/год;

– при использовании в расчетах активностей радионуклидов в фактических сбросах НВАЭС-2 — 11,3 мкЗв/год;

суммарная расчетная ГЭД облучения по всем путям облучения репрезентативного лица от газоаэрозольных выбросов в атмосферу при использовании в расчетах активностей радионуклидов в фактических сбросах ЛАЭС-2 —  $1,8 \times 10^{-2}$  мкЗв/год.

Таким образом, расчеты показали, что значения ГД населения, установленные для Белорусской АЭС нормативными правовыми актами Республики Беларусь, значительно превосходят прогнозные значения ГЭД, которые население может получить от фактических сбросов и выбросов Белорусской АЭС, а именно: прогнозное значение ГЭД от сбросов в реку Вилия не превышает 23% от установленного значения ГД (50 мкЗв/год), ГЭД от предполагаемых фактических выбросов в атмосферу на два порядка ниже ГД.

Существенную разницу между установленными значениями ГД и прогнозными ГЭД населения от предполагаемых фактических сбросов и выбросов Белорусской АЭС необходимо рассматривать как подтверждение высокого уровня радиационной безопасности населения, подвергающегося воздействию Белорусской АЭС, а также в качестве значимого потенциального ресурса для возможного снижения установленного значения ГД в будущем, в рамках процесса оптимизации радиационно-защитных мер после эксплуатации Белорусской АЭС в ситуации планируемого облучения в течение не менее чем пятилетнего периода.

Подробные рекомендации по процедуре оценки и оптимизации ГД населения в ходе эксплуатации Белорусской АЭС изложены в Инструкции по применению.

Поступила 27.09.2023

## ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО РИСКА ПЕРСОНАЛА БЕЛОРУССКОЙ АЭС

*Роздяловская Л. Ф., lrozdyalouskaya@gmail.com,  
Николаенко Е. В., к. м. н., zav\_radsafety@rspch.by,  
Гусейнова Д. И., dianahuseinava@gmail.com,  
Елизарова Н. В., natalliasaroko@gmail.com*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

В системе радиационной защиты радиационный риск используется для прогнозной оценки вреда здоровью лиц из облученных групп персонала или населения.

В Санитарных нормах и правилах «Требования к радиационной безопасности», утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 декабря 2012 г. № 213 (далее — НРБ-2012), этот риск определяется как «вероятность возникновения у человека или у его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения». Однако Международная комис-

сия по радиологической защите (далее — МКРЗ) определяет этот термин как вероятность развития выявляемых через многие годы после облучения стохастических эффектов, поэтому во всех исследованиях и расчетах, в том числе в данной работе, вероятность детерминированных эффектов в концепции «радиационный риск» не рассматривается.

В НРБ-2012 и гигиеническом нормативе «Критерии оценки радиационного воздействия», утвержденном постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29 ноября 2022 г. № 829 (далее — Гигиенический норматив), устанавливается ряд рискованных ограничений, в частности, показатель предельно допустимого риска радиационного воздействия на персонал в условиях нормальной эксплуатации радиационного объекта в виде индивидуального пожизненного риска облучения —  $1,0 \times 10^{-3}$ . Для целей контроля соблюдения этой величины используется метод расчета индивидуального риска, основанный на линейной беспороговой теории пропорциональной зависимости риска стохастических эффектов от дозы облучения, путем умножения годовой эффективной индивидуальной дозы работника на коэффициент номинального риска вреда злокачественных заболеваний, установленный согласно таблице 1, 2 Гигиенического норматива. Коэффициенты, приведенные в Гигиеническом нормативе, полностью соответствуют значениям коэффициентов в публикации 103 МКРЗ, которые, согласно разъяснениям МКРЗ, являются «номинальными», потому что относятся к облучению номинальной (условной) популяции мужчин и женщин с типовым возрастным распределением. Некорректность прямого использования этих коэффициентов для оценки отдаленных последствий облучения конкретной популяции или группы людей многократно подчеркивается как в Публикации МКРЗ 103, так и в других работах по оценкам риска.

Республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр гигиены» (далее — НПЦГ) в рамках выполнения научно-исследовательских работ по разработке методов оценки радиационных рисков населения и персонала Белорусской АЭС в условиях планируемого облучения была обоснована возможность применения для расчета коэффициентов и оценки радиационного риска персонала Белорусской АЭС математической модели Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации (НКДАР ООН), которую мы модифицировали с учетом демографических и медико-статистических показателей населения Республики Беларусь. В частности, для расчета коэффициентов радиационного риска использовалась вероятность здорового дожития населения Республики Беларусь, исходные данные для которой включали показатели, определенные для белорусской популяции: половозрастные показатели смертности от всех причин; половозрастные показатели заболеваемости всеми злокачественными новообразованиями (далее — ЗНО); половозрастные показатели смертности от ЗНО и другие показатели, предоставленные Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь и Белорусским канцер-регистром.

На основе адаптированных к условиям Беларуси коэффициентов радиационного риска разработаны метод оценки пожизненных радиационных рисков здоровью персонала и Инструкция по применению «Метод оценки радиационного риска здоровью и определения граничных доз облучения персонала при нормальной эксплуатации Белорусской АЭС», утвержденная заместителем Министра — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 28.01.2022 № 009-1121 (далее — Инструкция). Разработанный метод позволяет определить индивидуальный радиационный риск заболеваемости работника радиационно-индуцированными солидными ЗНО у мужчин и женщин в возрасте от 18 до 90 лет в результате профессионального облучения при работе АЭС в режиме нормальной эксплуатации (для женщин — за исключением периодов беременности и грудного вскармливания), другими словами, оценить вероятность для здорового человека, получившего в определенном возрасте дозу облучения  $D$ , заболеть радиационно-индуцированным раком в течение предстоящей жизни. В Инструкции приведены все необходимые для оценки радиологических рисков параметры, рассчитанные с учетом показателей онкозаболеваемости в Республике Беларусь (на основе данных 2019 г.).

После введения в эксплуатацию Белорусской АЭС было интересно провести оценку радиационных рисков ее персонала, используя для расчетов данные о фактических дозах облучения, полученных персоналом за период работы станции в 2021–2022 гг. Эти данные (результаты индивидуального дозиметрического контроля) по запросу НПЦГ были предоставлены ГУ «Гродненский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья». В ходе их анализа установлено, что индивидуальные годовые эффективные дозы (далее — ГЭД) внешнего облучения персонала Белорусской АЭС в 2021–2022 гг. были в несколько раз ниже норматива предела дозы для профессионального облучения, а средние ГЭД по цехам не превышали 1 мЗв/год. Максимальные значения ГЭД работников, подвергающихся по условиям труда наиболее интенсивному облучению, составляли 5,7 мЗв (дезактиваторщик цеха дезактивации), 5,3 мЗв (старший мастер цеха централизованного ремонта), 4,2 мЗв (старший мастер цеха тепловой автоматики и измерений), 3,4 мЗв (старший оператор реакторного цеха). Исходя

из приведенных данных для расчетов радиационных рисков персонала была консервативно выбрана ГЭД, равная 6 мЗв, на основании которой рассчитаны годовые индивидуальные риски заболеваемости солидными ЗНО персонала в результате двухгодичного облучения указанной дозой через 10 лет после облучения в зависимости от возраста работника на момент облучения. 10 лет — это минимальный латентный период для проявления риска радиогенных ЗНО, который, согласно рекомендациям МКРЗ 2007 г., далее до конца жизни по величине не изменяется.

Рассчитаны радиационные риски после окончания латентного периода работников — мужчин и женщин, возраст которых на момент начала облучения составлял 25, 35 и 45 лет. Эти риски соответственно составляют:

для мужчин:  $1,14 \times 10^{-5}$ ,  $1,88 \times 10^{-5}$  и  $3,38 \times 10^{-5}$ ;

для женщин:  $2,96 \times 10^{-5}$ ,  $3,61 \times 10^{-5}$  и  $4,05 \times 10^{-5}$ .

Согласно результатам расчетов, одна и та же накопленная доза за прошедший период облучения в зависимости от возраста работника на момент облучения создает радиационные риски тем выше, чем старше возраст работника на момент облучения. При прочих равных условиях радиационные риски для женщин в возрасте 25 лет примерно на 60% выше, чем для мужчин такого же возраста, однако к 45 годам облучаемых лиц разница в рисках между мужчинами и женщинами снижается до 16%. Установлено, что существенная зависимость радиационного риска работника от его возраста на момент облучения и пола обусловлена в первую очередь использованием в расчетах показателя фоновой заболеваемости ЗНО ( $\lambda_0$ ), который, исходя из статистических данных, существенно возрастает с увеличением возраста работника и для возрастов на момент облучения от 18 до 50 лет у женщин выше, чем у мужчин. Радиационный риск персонала, рассчитанный для аналогичных условий по упрощенной методике, с использованием коэффициента номинального риска, установленного для взрослого населения гигиеническим нормативом, составляет  $2,46 \times 10^{-4}$ . Это примерно на порядок выше, чем риски, рассчитанные в соответствии с разработанной нами методикой, но на порядок ниже, чем величина предельно допустимого риска радиационного воздействия на персонал, установленная гигиеническим нормативом ( $1,0 \times 10^{-3}$ ). Представленные результаты оценки радиационного риска могут быть полезны для специалистов в области радиационной безопасности, радиационной гигиены, а также врачей-радиологов.

Поступила 03.10.2023

## **РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ И ПРЕДПРИЯТИЙ УРАНОВОГО НАСЛЕДИЯ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ В ПЕРИОД РЕКУЛЬТИВАЦИИ**

*Серегин В. А.,  
Гущина Ю. В.,  
Бельских Ю. С.,  
Малахова А. Н.,  
Шитова А. А., lawbro@yandex.ru*

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства», г. Москва, Россия

Добыча и переработка урана являлись приоритетными отраслями промышленности в большинстве республик Центральной Азии бывшего СССР. В течение 1940–1980-х гг. более 30% от общего объема производства урана в СССР приходилось на такие республики, как Казахская ССР, Киргизская ССР, Таджикская ССР и Узбекская ССР.

Разработка большинства урановых месторождений в этих регионах была прекращена к моменту распада СССР. Вновь образованные страны столкнулись с проблемой безопасного обращения с радиоактивными отходами и реабилитации территорий, пострадавших от деятельности по добыче и переработке урана. При проектировании и заложении хвостохранилищ не были учтены долгосрочные мероприятия по защите от действия природных процессов. Опасные природные процессы и явления в сочетании с несанкционированным доступом местного населения к хвостохранилищам permanently ухудшают экологическую обстановку в районах размещения объектов бывших урановых производств и негативно влияют на здоровье населения.

Межгосударственной целевой программой «Рекультивация территорий государств, подвергшихся воздействию уранодобывающих производств» (далее — Программа) предусмотрена рекультивация двух объектов уранового наследия в Кыргызстане — одно хвостохранилище в районе расположения с. Каджи-Сай и четыре хвостохранилища в районе расположения с. Мин-Куш. В Республике Таджикистан объектами рекультивации являются хвостохранилища и бывшие урановые производства в районе г. Истиклол.

Основной целью реализации Программы является снижение рисков возникновения чрезвычайных ситуаций с радиозэкологическими последствиями на территориях государств, подвергшихся воздействию уранодобывающих и перерабатывающих производств, отработка средств и технологий рекультивационных работ, а также обеспечение безопасных условий проживания и социальной реабилитации населения в районах расположения объектов уранового наследия.

Важными задачами Программы, которые реализуются ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России, являются мониторинг окружающей среды и здоровья населения, проживающего на территориях, подвергшихся воздействию уранодобывающих производств, и оценка возможного риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний.

Проведение исследований, согласно разработанным программам, позволило оценить уровни облучения населения, выявить изменения по сравнению с предыдущими оценками, дать прогноз состояния радиационной обстановки в целом или отдельных ее показателей. Комплексная оценка доз облучения населения в совокупности с результатами анализа данных медицинской статистики необходима для установления причин неблагоприятного изменения радиационных факторов среды обитания, установления возможного вредного воздействия на здоровье населения и разработки рекомендаций по снижению вредного воздействия на здоровье населения.

Наибольший вклад в дозу облучения населения вносят природные источники ионизирующих излучений — обычно от 50 до более чем 90 % суммарной годовой эффективной дозы облучения.

При этом основная доля в структуре облучения населения приходится на внутреннее облучение за счет ингаляции изотопов радона ( $^{222}\text{Rn}$  — радон и  $^{220}\text{Rn}$  — торон) и их короткоживущих дочерних продуктов, содержащихся в воздухе жилых и общественных зданий и производственных помещений, а также в приземном слое атмосферы на территории населенных пунктов.

Следующим по значимости в облучении населения, как правило, является гамма-излучение природных радионуклидов, содержащихся в строительных материалах и конструкциях зданий, а также рассеянных в окружающей среде (например, для жителей России вклад этого источника составляет в среднем около 30 % с учетом вклада космического излучения).

В некоторых случаях существенным может быть внутреннее облучение населения за счет перорального поступления долгоживущих природных радионуклидов, содержащихся в воде источников питьевого водоснабжения и пищевых продуктах, а также ингаляционного поступления аэрозолей долгоживущих природных радионуклидов из атмосферного воздуха.

Исходные данные для расчета индивидуальных годовых эффективных доз облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения включали:

- данные о среднегодовых значениях эквивалентной равновесной объемной активности изотопов радона в воздухе жилых и общественных зданий, а также в атмосферном воздухе на территории населенного пункта (района и т. п.);
- данные о средних значениях мощности дозы гамма-излучения в жилых и общественных зданиях, а также на территории населенного пункта (района и т. п.);
- информацию о содержании природных радионуклидов в воде источников питьевого водоснабжения населения;
- данные об основных компонентах рациона питания населения, годовом потреблении продуктов питания и значениях удельной активности природных радионуклидов в них.

Объектами исследований являлись почва, растительность, мясо (говядина, баранина), молоко коровье, овощи (картофель, морковь, свекла), отобранные на территории населенных пунктов, прилегающих к рекультивируемым территориям (пос. Каджи-Сай, Мин-Куш, г. Истиклол), и контрольных районов (пос. Тюп, с. Кочкор, Джабор-Расуловский район).

Проводились измерения объемной активности радона в жилых и общественных зданиях в летний и отопительный периоды, мощности дозы гамма-излучения на открытой местности и внутри помещений.

За период участия в Программе была выполнена комплексная оценка доз облучения населения, проживающего в районах расположения рекультивируемых объектов и на контрольных территориях, с учетом вклада внутреннего облучения за счет потребления местных пищевых продуктов, питьевой воды и ингаляционного поступления дочерних продуктов распада радона.

Показаны достоверно более высокие уровни облучения населения в районах расположения бывших урановых производств, которые составили 5,78 мЗв/год (пос. Каджи-Сай), 5,93 мЗв/год (с. Мин-Куш) и 12,61 мЗв/год (г. Истиклол). Основным компонентом, определяющим наибольший вклад в дозу облучения населения, является радон и продукты его распада за счет ингаляционного поступления.

Проведенный сравнительный анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями населения районов расположения хвостохранилищ и контрольных территорий за продолжительный период времени позволил сделать вывод о возможном влиянии радиационного фактора на уровень заболеваемости населения.

Также показано отсутствие влияния рекультивационных работ на радиационную обстановку после их завершения.

Поступила 25.09.2023

## **ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕОБХОДИМЫ КОРРЕКТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИАЦИОННОЙ ЭПИДЕМИОЛОГИИ**

*Туков А. Р., к. м. н., atukov40@mail.ru,  
Шафранский И. Л., к. м. н., iljush@mail.ru,  
Зиятдинов М. Н., zidik@yandex.ru,  
Прохорова О. Н., oproh19@yandex.ru,  
Михайленко А. М., exim16alla@gmail.com*

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства», г. Москва, Россия

Согласно директивным документам, для оценки состояния радиационной безопасности необходимо использовать показатель радиационного риска. В наибольшей степени этот риск характеризует суммарная накопленная эффективная доза от всех источников излучения.

Международные рекомендации по радиационной защите и современные нормы радиационной безопасности основаны преимущественно на результатах наблюдения за когортой людей, переживших атомную бомбардировку в Японии. Однако даже регистр лиц, переживших атомную бомбардировку в Хиросиме и Нагасаки, не содержит суммарных доз облучения (от взрыва бомб, профессионального, медицинского и природного). Японские ученые, измеряя дозы от диагностических радиологических исследований, для оценки радиационных рисков выживших в этих городах после бомбардировки пришли к выводу, что воздействие А-бомбы нельзя надежно оценить, если медицинские дозы не будут включены в эти долгосрочные оценки.

Таким образом, нарушается основной принцип радиационной эпидемиологии — отсутствует качественная база данных о суммарной дозе от различных видов облучения (профессионального, аварийного, медицинского, природного), что не позволяет получить корректные результаты расчета риска заболевания радиационно-индуцированными болезнями или смерти от них.

В данном исследовании использована информация Отраслевого регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на Чернобыльской АЭС (далее — ЧАЭС), о 12 698 ликвидаторах последствий аварии — мужчинах, имеющих данные как о дозах, полученных во время работы в 30-километровой зоне, так и о дозе профессионального облучения у 1333 человек (10,5 %).

Была сформирована матрица данных ликвидаторов с дозами облучения и заболеваниями солидными раками.

Для оценки риска по группированным данным, объединенным в возрастные, дозовые группы, был использован пакет прикладных статистических программ «EPICURE» (модуль «AMFIT»), широко применяемый в современной радиационно-эпидемиологической практике.

Избыточный относительный риск (далее — ИОР) на 1 Зв заболевания солидными раками с использованием доз внешнего облучения, полученных ликвидаторами при работе в 30-километровой зоне ЧАЭС, составил 1,127 [0,1311; 2,122], при суммарной дозе — 0,131 [–0,9286; 1,190]. Наблюдается значимый положительный тренд зависимости заболеваемости от суммарной дозы облучения. Имеет место различие (в 8,6 раза) в значении избыточного относительного риска на единицу дозы при

использовании данных только по дозам, полученным в результате ликвидации аварии на ЧАЭС, и при суммарных дозах облучения.

Оценка ИОР на 1 Зв смерти от всех нозологий (кроме злокачественных новообразований) дала также различные результаты при использовании данных различных видов облучения: при дозах внешнего облучения, полученных ликвидаторами при работе в 30 км зоне ЧАЭС, — 0,64 (0,19–1,17), при суммарной дозе — 0,09 (–0,26–0,45).

Таким образом, основным источником для корректной оценки радиационной безопасности при исследовании риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний или смерти от них должен стать медико-дозиметрический регистр, располагающий суммарной дозой облучения человека. Наше исследование показало, что использование для этой цели доз различных видов облучения приводит к получению отличных друг от друга результатов. Поэтому основной задачей в настоящее время мы считаем создание Отраслевого медико-дозиметрического регистра работников атомной промышленности с включением в него данных о дозах всех видов облучения (профессионального, аварийного, медицинского, природного), как требуют того директивные документы. Использование результатов оценки риска возникновения радиационно-обусловленных заболеваний суммарной дозы позволит нам получить корректные результаты для совершенствования нормативов радиационной безопасности.

Поступила 27.09.2023

## Раздел 3

# МЕДИЦИНА ТРУДА И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПАТОЛОГИЯ. СТАТЬИ

## ОПЫТ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

<sup>1</sup>Абдулазизов Р. С., *rza.abdulazizov@gmail.com*,

<sup>2</sup>Ахмедов Р. Ш., к. э. н., *rashad.ahmadov@sosial.gov.az*

<sup>1</sup>Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, г. Баку, Азербайджанская Республика;

<sup>2</sup>Министерство труда и социальной защиты населения Азербайджанской Республики, г. Баку, Азербайджанская Республика

Трудовая деятельность человека является неотъемлемой частью его жизни, а известное деление времени на «восемь часов труда на нанимателя, восемь часов на свою жизнь, восемь часов сна» неизбежно приводит к тому, что производственная среда рабочих мест играет существенную роль в сохранении/несохранении здоровья.

Общество в лице Азербайджанской Республики постоянно регулирует целую систему мероприятий, направленных на сохранение здоровья трудовых ресурсов: регулирование трудовых отношений (институализация) посредством законодательных актов, создание специализированных органов, занимающихся научными исследованиями условий и гигиены труда работников (Центр гигиены и эпидемиологии), реализация программ диспансеризации населения, законодательно обязательное проведение аттестации рабочих мест (далее — АРМ) по условиям труда, первичные и периодические медосмотры работников и многое другое.

Целью данной статьи является описание опыта основного инструмента гигиенической оценки условий труда, которым является АРМ в Азербайджане, включая анализ недостатков действующей АРМ и попытку ее совершенствования.

Актуальность АРМ, ее суть и философия были раскрыты в [1]. Так, согласно Постановлению Кабинета Министров Азербайджанской Республики № 38 от 06.03.2000 [2], работодатель должен провести аттестацию на всех рабочих местах и определить класс условий труда (оптимальные, допустимые, вредные, опасные) в целях обоснования мероприятий по оздоровлению рабочих мест, профилактики и предупреждения профзаболеваний, создания и функционирования результативной и эффективной системы управления охраной труда на предприятии.

По материалам Государственного комитета по статистике Азербайджанской Республики, всего в стране в 2021 г. из-за травм, отравлений и других внешних причин умерло 108,9 чел. на каждые 10 000 чел. При этом уровень смертельного травматизма на производстве в 2022 г. составил 2 случая на 100 тыс. работающих. Для сравнения приведем этот же показатель в стране с крупнейшей экономикой — США с населением около 332 млн человек. Согласно официальной статистике, он составил в 2018 г. 5,2 случая на 100 тыс. работающих. Комментарии, как говорится, излишни.

Нормативно-правовая база аттестации рабочих мест в Азербайджане, не считая некоторых незначительных моментов, практически не отличается от ее позднесоветского аналога. Например, нормативную базу АРМ составляют Трудовой кодекс Азербайджанской Республики, Стандарты системы безопасности труда, Санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы, Типовые отраслевые нормы бесплатной выдачи рабочим и служащим специальной одежды, обуви и иные НПА, принятые органами исполнительной власти в соответствии с Трудовым кодексом Азербайджанской Республики, статья 64 которого гласит: «...в целях обеспечения на соответствующих рабочих местах мер по охране труда или определения и улучшения положения с производственной санитарией, гигиеной, а также повышения производительности труда и эффективности работы, во время внедрения прогрессивных методов организации труда, в том числе новой техники и технологии, работодатель должен проводить аттестацию рабочих мест».

Подчеркнем, что на работодателе лежит обязанность проведения АРМ, а порядок ее проведения регулируется в целях создания безопасных и здоровых условий работы на рабочих местах вне



зависимости от формы собственности и организационно-правовой формы предприятия-работодателя. Сроки проведения аттестации устанавливаются работодателем, исходя из изменения условий и характера труда, но не реже одного раза в 5 лет.

К методической базе АРМ можно отнести утвержденную Решением коллегии Министерства труда и социальной защиты населения Азербайджанской Республики «Методику оценки тяжести и вредности условий труда на основании результатов аттестации рабочих мест» от 04.12.2002 № 15-4 [4]. Есть еще «Руководство о порядке проведения АРМ по условиям труда» от 18.08.1993 № 6-2, утвержденное решением того же министерства. Согласно статье 192.2 Кодекса административных нарушений Азербайджанской Республики, нарушение работодателями предприятий, учреждений, организаций независимо от форм собственности правил проведения аттестации работников и рабочих мест влечет наложение соответствующего штрафа.

По результатам АРМ определяются (при начале работы предприятия) или подтверждаются (в последующих аттестациях) следующие льготы и компенсации:

- надбавка (коэффициент) к тарифной сетке зарплаты в размере 4–24 % в зависимости от результатов проведенных инструментальных измерений условий труда на рабочих местах;
- дополнительный отпуск и сокращенная рабочая неделя;
- льготное пенсионное обеспечение;
- выдача лечебно-профилактического питания, молока или равноценных продуктов.

Дополнительно полагается надбавка (коэффициент), обеспечивающая выплату повышенной зарплаты работникам, занятым на работах с вредными и/или опасными условиями труда или в местностях с неблагоприятными климатическими условиями, что регулируется Постановлением Кабинета Министров Азербайджанской Республики № 137 от 22.08.2002:

- надбавка к зарплате в размере 20–30 % предприятиям и организациям, находящимся на высоте 1200 м и выше от уровня моря;
- надбавка к зарплате в размере 20 и 40 % предприятиям и организациям, находящимся на удаленности соответственно 20–40 км и свыше 40 км от постоянных источников питьевой воды;
- надбавка к тарифной сетке зарплаты в размере 40–75 % в зависимости от удаленности от суши на 0,5–70 км и больше.

Действующее в Азербайджанской Республике «Руководство о порядке проведения АРМ по условиям труда» является преемником «Гигиенической классификации труда (по показателям вредности, опасности факторов производственной среды...)», утвержденной заместителем главного санитарного врача СССР А. И. Зайченко (№ 4137-86 от 12.08.1986). К сожалению, документ нуждается в серьезной доработке, так как в нем не представлен весь список вредных факторов и не приведены условия оценки различных показателей тяжести и напряженности труда. Такого рода недостатки в «главной методике» создают серьезные проблемы в процессе проведения АРМ, поскольку способствуют невольным искажениям в показателях, которые каждый эксперт, увы, вынужден и может трактовать по-своему. Это, в свою очередь, приводит к не отражающим реальность результатам АРМ, несправедливому, а в некоторых случаях и необъективному предоставлению льготных условий и компенсаций работникам.

Вышеперечисленные документы АРМ нуждаются в совершенствовании, учитывая, что за последние 20–30 лет они оставались неизменными. Однако жизнь требует более детально описать в полном количестве все возможные параметры напряженности и тяжести труда; представить в виде таблицы ПДК и ПДУ вредных химических, биологических факторов рабочей среды, аэрозолей преимущественно фиброгенного действия; виброакустические факторы, микроклимат, световую среду, неионизирующее электромагнитное поле и излучение; ионизирующие излучения, аэроионный состав воздуха; тяжесть и напряженность трудового процесса, а также методические подходы к контролю факторов рабочей среды и трудового процесса.

Эту работу на благо Азербайджанской Республики могли бы выполнить действующие в стране научно-исследовательские институты и опытные лаборатории, такие как Государственный НИИ по охране труда и технике безопасности, Лаборатория Департамента Национальной Службы по Мониторингу Окружающей Среды Министерства экологии и природных ресурсов Азербайджанской Республики, недавно созданная на базе центральной лаборатории Государственной службы инспекции труда при Министерстве труда и социальной защиты населения Азербайджана лаборатория по охране труда государственного юридического лица публичного права «Центр охраны труда», ряд лабораторий Центра гигиены и эпидемиологии Министерства здравоохранения Азербайджанской Республики (бактериологическая, вирусологии, радиологическая, паразитологии, санитарно-гигиеническая, химическая), Сектор радиологических исследований Национальной академии наук, Лаборатория управления экологического мониторинга Каспийского моря Министерства экологии и природных

ресурсов Азербайджанской Республики и другие, более специализированные учреждения — как государственные, так и частные.

Помимо общенормативных положений требует правового и методического уточнения и ряд деталей самого процесса АРМ, который можно разделить на 3 части: подготовительный этап, инструментальная оценка условий труда и заключительный этап.

Первый этап характеризуется изданием приказа о создании аттестационной комиссии, которая официально будет ее руководящим органом. Комиссия составляет и утверждает список аттестуемых рабочих мест по всему предприятию. Далее производится оценка травмобезопасности рабочих мест, при которой оцениваются состояние оборудования, инструментов, приспособлений, эффективность и результативность мероприятий по охране труда, а также документация по обучению, инструктированию работников, обеспеченность работников соответствующими средствами индивидуальной защиты (далее — СИЗ), их состояние и соответствие характеру выполняемой работы, условий труда, правильность использования.

На втором этапе производятся инструментальные измерения на всех рабочих местах, при которых лицензированная санитарно-промышленная лаборатория с помощью соответствующих откалиброванных измерительных приборов измеряет и проводит оценку факторов рабочей среды (химические, биологические, физические, психофизиологические). Используя вышеприведенные методики [2, 3], по результатам оценки факторов всем аттестуемым рабочим местам присваиваются классы условий труда (с учетом проводимых профилактических и оздоровительных мероприятий).

Учитывая требование законодательства Азербайджанской Республики о безопасных и здоровых рабочих местах, работодатель обязан принять все меры по снижению класса условий труда от вредного, а при опасных условиях (класс 4) рабочее место немедленно ликвидируется. При этом работодатель обязан перевести работника на безопасные и здоровые условия с сохранением за ним зарплаты до допустимого (класс 2), а в перспективе — до оптимального (класс 1).

Самым важным является то, что на основе оцененных АРМ классов условий труда принимается решение о выплате доплат к тарифной зарплате (при вредных условиях труда) в виде компенсации работнику. Социальный смысл этой компенсации заключается в том, что при текущем уровне науки и техники работодателю, предпринявшему все меры по снижению уровня риска жизни и здоровью от характера выполняемой работы и условий производственной среды, не удалось понизить класс условий труда до допустимого (класс 2). Следовательно, монетизируется и возмещается возможный ущерб из-за причинения вреда, которое общество не может предотвратить, а работодатель, являющийся собственником таких рабочих мест, должен обеспечить работнику льготы и компенсации, гарантированные обществом (государством, Азербайджанской Республикой), которые были перечислены в настоящей статье. Данные льготы (мероприятия) по своему характеру считаются профилактическими.

Другими словами, реализуя их, работодатель снижает риск профзаболевания, но при этом обязуется разработать и реализовать (постоянно обновляя) план мероприятий по оздоровлению рабочих мест. Вот почему после АРМ такие рабочие места приобретают статус условно аттестованных (работодатель условился проводить мероприятия).

На третьем этапе ведется работа по протоколированию и оформлению результатов аттестации, разработке плана мероприятий по оздоровлению рабочих мест, ознакомлению работников с результатами АРМ.

Существенное место в АРМ занимает процесс измерения факторов рабочей среды. Данный процесс состоит из двух составных частей: собственно само инструментальное измерение с соблюдением всех методологических предписаний регулятора, при котором рабочему месту присваивается класс условий труда, после чего по методике [3] рассчитывается соответствующий балл, по которому определяется надбавка к тарифной зарплате. Вот здесь-то и заточен «джинн в бутылку», поскольку формула (1) в методологии [3] по расчету балла состоит из двух частей: степень вредности фактора или тяжести работ и время фактической работы во вредных условиях труда (формула 1). Для оценки влияния соответствующего фактора на состояние условий труда учитывается продолжительность его воздействия в течение рабочего дня (смены). Баллы, установленные в зависимости от степени вредности факторов и тяжести работ, определяются по формуле:

$$X_{\text{факт}} = X_{\text{ст}} \times T, \quad (1)$$

где  $X_{\text{ст}}$  — степень вредности фактора или тяжести работ;

$T$  — отношение времени действия соответствующего фактора к продолжительности рабочего времени (смены): если время действия этого фактора составляет более 90 процентов рабочего времени (смены), то  $T = 1$ .

Минимальные размеры коэффициента надбавок к тарифным (должностным) окладам устанавливаются в зависимости от фактического состояния условий труда (по результатам расчетов по формуле 1) согласно следующей шкале (таблица 1):

Таблица 1 — Минимальные размеры коэффициента надбавок к тарифным (должностным) окладам

На работах	X-фактор, баллов	Минимальный объем коэффициента надбавок к тарифным (должностным) окладам
<b>С тяжелыми и вредными условиями труда</b>		
на низком уровне	до 2	1,04
на среднем уровне	2,1–4,0	1,08
на высоком уровне	4,1–6,0	1,12
<b>С особо тяжелыми и особо вредными условиями труда</b>		
на низком уровне	6,1–8,0	1,16
на среднем уровне	8,1–10,0	1,20
на высоком уровне	более 10,0	1,24

При этом отношение времени действия соответствующего фактора к продолжительности рабочего времени (смены) рассчитывается, как правило, на основе предоставленных предприятием данных по учету времени работы во вредных рабочих местах. Так, данный подход исходит из советской практики ведения учета отработанного времени на работах с вредными и тяжелыми условиями труда. Такой учет велся в целях подтверждения льготного стажа работы, в частности, занятости в особых условиях труда в течение полного рабочего дня. Данный вопрос не имеет четкого законодательного закрепления в Азербайджанской Республике, поэтому предприятия самостоятельно устанавливают порядок ведения учета рабочего времени лиц, занятых в особых условиях труда [5].

К сожалению, нормальная практика учета этого времени фактически утрачена на предприятиях в Азербайджане, но законодательно требуется (Постановление Кабинета Министров Азербайджанской Республики № 95 от 30.05.2005). Предприятия должны учитывать работу во вредных условиях труда, но каким образом, не ясно. В этих условиях предприятия порой необъективно оценивают время работы работников во вредных условиях. Порой бывают и такие случаи, когда предприятия оценивают данное время совещательным образом, консультируясь с ИТР предприятия и приходя к общему согласию. Данный подход несколько лучше, чем первый, так как при этом результаты более или менее отражают реальную ситуацию на местах. Но в таком случае существует соблазн скорректировать данные. К этому добавляются объективные ошибки расчетов, учитывая, что расчеты основываются на субъективных оценках руководителей, а не на документированных ежедневными записями и подписями табелях учета рабочего времени во вредных производственных условиях.

Более того, как было сказано выше, существуют гарантированные государством льготные условия труда (льготы и компенсации), которые обеспечиваются посредством анализа времени нахождения работников во вредных и тяжелых условиях. Так, согласно последним изменениям в законодательстве [5], по которому предприятия с вредными и тяжелыми условиями труда, работа в которых дает право на государственную пенсию на льготных условиях, должны предоставлять справку установленного образца (до этого требовалось письменно отвечать на запрос министерства) по запросу Министерства труда и социальной защиты населения Азербайджанской Республики для получения права для работника на эту льготу. Одним из условий для назначения пенсии на льготных условиях является занятость работника на работах, предусмотренных Списками [4] в течение полного рабочего дня. Под полным рабочим днем понимается выполнение работы в условиях, предусмотренных Списками, не менее 80% рабочего времени.

Предлагается на ежедневной основе производить учет и регистрацию фактов работы во вредных и тяжелых условиях труда (рабочих мест, которые были определены проведенной АРМ). В качестве примера можно привести «Карточку отработанного времени...» для коксохимического производства, подготовленную на основе раздела IV Списка [4]. Стоит также отметить, что такие карточки являются примерными. Так, после произведенных инструментальных измерений РМ у оценщиков будут более детальные представления о факторах рабочей среды, что непременно повысит достоверность данных и результатов АРМ.

Таблица 2 — Карточка отработанного времени на ремонте оборудования в цехах с тяжелыми условиями труда, работа в которых дает право на государственную пенсию на льготных условиях

Год и месяц	Количество рабочих дней, всего	В т. ч. отработано в цехах с тяжелыми условиями труда	Коксохимическое производство (разд. IV)				№№ нарядов и нормированных заданий	Фамилия и подпись ответственного лица
			коксовые цехи	углеподготовительные цехи	химические цехи	прочие цехи		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Конкретная продолжительность дополнительного отпуска за работу с вредными и тяжелыми условиями труда также зависит от продолжительности работы в таких условиях. Такой отпуск предоставляется пропорционально фактически отработанному времени. В расчет времени, дающего право работнику на дополнительный отпуск, засчитываются дни, когда он фактически был занят на работах с особым характером труда не менее 90 % продолжительности рабочего дня, установленного для работников этих производств, работ, профессий и должностей.

Особое внимание уделяется учету рабочего времени работников специализированных предприятий, организаций, цехов, участков и других структурных подразделений (ремонтных, ремонтно-строительных, монтажных и др.), так как их работники в течение месяца или года могут быть заняты на разных работах, в частности, как на тех, которые относятся ко вредным и тяжелым, предусмотренным Списками [5], так и на работах с нормальными условиями труда. Льготный стаж таких работников исчисляется по фактически отработанному времени, поэтому учет рабочего времени ведется отдельно по каждому виду работ.

Потому работодатель обязан организовать на предприятии учет времени по каждому виду работ, дающему право на указанные льготы. Как показала практика, учет времени занятости во вредных условиях труда лиц, постоянно работающих в одних и тех же условиях труда, ведется на основании табельного учета, а лиц, привлекаемых для работ временно или эпизодически, — по карточкам учета рабочего времени.

Таким образом, можно прийти к выводу, что правильность результатов АРМ критически зависит не только от инструментальных измерений, но и от правильного определения времени нахождения работников во вредных и тяжелых условиях труда. Последнее, в свою очередь, зависит от грамотного ведения учета и регистрации данного показателя ответственными работниками предприятия.

АРМ как эффективный инструмент при реализации политики государства в сфере охраны труда все еще может и должен «сослужить нам службу» с условием совершенствования нормативно-правовой базы и методики проведения, в которых учитывались бы современные возможности науки и техники.

## Литература

1. Абдулазизов, Р. С. Аттестация рабочих мест (АРМ) — рудимент уходящей эпохи или актуальный инструмент современности? / Р. С. Абдулазизов // Безопасность и охрана труда. — 2022. — № 3. — С. 29–39.
2. Об утверждении Порядка проведения аттестации рабочих мест [Электронный ресурс]: Постановление Кабинета Министров Азербайджанской Респ. 06.03.2000 г. № 38: с изм. и доп. по состоянию на 05.09.2023. — Режим доступа: [https://base.spinform.ru/show\\_doc.fwx?rgn=20497](https://base.spinform.ru/show_doc.fwx?rgn=20497). — Дата доступа: 18.09.2023.
3. Методика оценки тяжести и вредности условий труда на основании результатов аттестации рабочих мест [Электронный ресурс]: утв. Решением Коллегии Министерства труда и социальной защиты населения Азербайджанской Респ. 04 дек. 2002 г. № 15–4: с изм. — Режим доступа: [https://continent-online.com/Document/?doc\\_id=31631549#pos=0;0](https://continent-online.com/Document/?doc_id=31631549#pos=0;0). — Дата доступа: 18.09.2023.
4. Об утверждении Списка производств, профессий, должностей и показателей, дающих право на трудовую пенсию по возрасту на льготных условиях [Электронный ресурс]: Постановление Кабинета Министров Азербайджанской Респ. 23 января 2007 г. № 12: с изм. и доп. по состоянию на 05.09.2023. — Режим доступа: [https://continent-online.com/Document/?doc\\_id=31268948](https://continent-online.com/Document/?doc_id=31268948). — Дата доступа: 18.09.2023.
5. Об утверждении Порядка назначения, расчета, перерасчета, перевода с одного вида на другой и выплаты трудовых пенсий: Постановление Кабинета Министров Азербайджанской Респ. 28 апреля 2022 г. № 175: с изм. и доп. по состоянию на 05.09.2023. — Режим доступа: [https://base.spinform.ru/show\\_doc.fwx?rgn=143699](https://base.spinform.ru/show_doc.fwx?rgn=143699). — Дата доступа: 18.09.2023.

Поступила 21.09.2023

# КЛИНИКО-ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И КАЧЕСТВО ЖИЗНИ РАБОТНИКОВ С ВИБРАЦИОННОЙ БОЛЕЗНЬЮ И В ЕЕ СОЧЕТАНИИ С ДЕФОРМИРУЮЩИМ ОСТЕОАРТРОЗОМ

<sup>1</sup>Бабанов С. А., д. м. н., профессор, *s.a.babanov@mail.ru*,

<sup>1</sup>Кирюшина Т. М., *sakpfo@samsmu.ru*,

<sup>1</sup>Лаврентьева Н. Е., к. м. н., доцент, *lavrenteva.natalia@yandex.ru*,

<sup>2</sup>Стрижаков Л. А., д. м. н., профессор,

<sup>3</sup>Мелентьев А. В., к. м. н., *amedik@yandex.ru*

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Вибрационная болезнь (далее — ВБ) от воздействия локальной вибрации является самым распространенным профессиональным заболеванием, обусловленным воздействием физического фактора — промышленной вибрации. ВБ занимает лидирующие позиции среди профессиональных заболеваний от воздействия факторов физической природы, поражает работоспособное население, приводит к развитию ранних нарушений со стороны нервной системы и опорно-двигательного аппарата, вызывает стойкую утрату трудоспособности, что определяет социально-медицинское значение данной патологии [1–5].

Многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных ученых установлено, что современная ВБ от воздействия локальной вибрации возникает при длительном, более 15 лет, воздействии промышленной вибрации, характеризуется большим разнообразием и сложностью патогенетических механизмов, полиморфностью симптоматики, развитием коморбидных и полиморбидных состояний (в том числе деформирующего остеоартроза различных локализаций) хроническим течением, терапевтической резистентностью и нередко приводит к нарушению трудоспособности и инвалидизации контактных по вибрации лиц, снижению качества их жизни [3–5].

Цель исследования — выявить клинико-патогенетические особенности и качество жизни работников с вибрационной болезнью от воздействия локальной вибрации и в ее сочетании с остеоартрозом.

В исследование вошли 5 групп обследованных (таблица 1): 1-я группа — контрольная, в нее вошли работники предприятий, не контактирующие в процессе работы с вибрацией, не имеющие признаков поражения сердечно-сосудистой и нервной систем, признанные здоровыми по данным комплексного обследования; 2-я группа — контактная, в нее вошли работники, имеющие длительный производственный контакт с локальной вибрацией в уровнях, превышающих ПДУ, но без установленного диагноза вибрационной болезни; 3-ю группу составили больные вибрационной болезнью первой степени от воздействия локальной вибрации; 4-ю группу составили больные вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации; 5-ю группу составили больные вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации при ее сочетании с остеоартрозом различных локализаций.

Работа проведена с соблюдением этических стандартов, гарантирующих уважение ко всем субъектам исследования, защиту их здоровья и прав в соответствии с требованиями Хельсинкской Декларации Всемирной Медицинской Ассоциации (Генеральная Ассамблея ВМА, Форталеза, Бразилия, 2018). Всем пациентам, которые были включены в исследование, предварительно объяснена цель проводимого исследования, также ими была подписана стандартная форма протокола добровольного информированного согласия, согласно Федеральному закону № 323-ФЗ от 21.11.2011 (в редакции от 1 сентября 2022 г.) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». Исследование было одобрено и утверждено этическим комитетом Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Таблица 1 — Характеристика обследованных лиц групп сравнения ( $M \pm m$ )

Группа	Клинический диагноз	Возраст	Стаж контакта с локальной вибрацией	Всего (мужчины)
1-я группа	Контрольная группа	51,07 ± 0,69	–	55
2-я группа	Контактная группа	53,64 ± 0,60	24,10 ± 0,43	50
3-я группа	Вибрационная болезнь первой степени от воздействия локальной вибрации	49,41 ± 0,57	21,61 ± 0,41	46
4-я группа	Вибрационная болезнь второй степени от воздействия локальной вибрации	52,19 ± 0,79	23,26 ± 1,07	32
5-я группа	Вибрационная болезнь второй степени от воздействия локальной вибрации в сочетании с остеоартрозом	55,69 ± 0,62	26,90 ± 0,70	42

Диагноз вибрационной болезни (форма патологии, клинические особенности функциональных расстройств) устанавливался в соответствии с [3], согласно действующего в Российской Федерации Перечня профессиональных заболеваний, утвержденного приказом № 417н МЗ и СР РФ от 27.04.2012 «Об утверждении перечня профессиональных заболеваний», на основании данных санитарно-гигиенических условий труда, клинического, функционального обследования. Диагноз остеоартроза устанавливался в соответствии с Федеральными клиническими рекомендациями по диагностике и лечению остеоартроза (утверждены Общероссийской общественной организацией «Ассоциация ревматологов России», 2013–2017). Больные с вибрационной болезнью от воздействия локальной вибрации, а также ее сочетанием с остеоартрозом были представлены такими профессиями, как клепальщики, полировщики, чеканщики, обрубщики.

Уровень С-реактивного белка, ревматоидного фактора исследовали твердофазным иммуноферментным методом (ИФА, ELISA). Для определения фибриногена был использован наиболее распространенный метод по Клауссу. Иммуные нарушения при вибрационной болезни первой и второй степени от воздействия локальной вибрации и при ее сочетании с остеоартрозом были исследованы методами, включающими определение субпопуляций CD4+, CD8+, CD16+ лимфоцитов с использованием моноклональных антител серии ЛТ (ФГБУ «ГНЦ Институт иммунологии» ФМБА России). Был определен процент общей популяции клеток, экспрессирующих CD4+, CD8+ рецепторов. Иммунофлуоресценция клеток оценивалась на проточном цитометре «Epics-Profile» фирмы Coulter. Для оценки цитокинового статуса было проанализировано содержание интерлейкина 1-бета (далее — IL-1β), интерлейкина-4 (далее — IL-4), интерлейкина-8 (далее — IL-8) в сыворотке крови обследуемых лиц. Исследование проводилось при помощи набора реагентов BMS 223/4 фирмы «eBioscience» иммуноферментным методом на планшетном фотометре-анализаторе Expert Plus (Biochrom, Великобритания) с помощью иммуноферментного анализа. Исследование качества жизни проводилось с помощью опросника SF-36. Результаты интерпретировались следующим образом: чем выше сумма баллов, тем лучше качество жизни, кроме «обратных» показателей: ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием, интенсивность боли, ролевое функционирование, обусловленное психическим состоянием. Баллы по каждой шкале суммировались, и рассчитывалось среднее значение и его ошибка. Расчет статистической значимости отличий проводился по критерию Манна — Уитни.

Анализ показателей СРБ показал его достоверное увеличение в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации ( $p_{1-4} < 0,001$ ) и в группе больных при вибрационной болезни второй степени от воздействия локальной вибрации при ее сочетании с остеоартрозом по сравнению с контрольной группой ( $p_{1-5} < 0,001$ ) (таблица 2).

При рассмотрении ревматоидного фактора наблюдалось его достоверное увеличение в группе больных с вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации при ее сочетании с остеоартрозом по сравнению с контрольной группой ( $p_{1-5} < 0,001$ ). Также определялись достоверно более высокие значения данного показателя в 5-й группе больных по отношению к группе больных вибрационной болезнью второй степени ( $p_{4-5} < 0,001$ ).

Уровень фибриногена в крови исследуемых достоверно увеличен в группе контактных ( $p_{1-2} < 0,001$ ), в группе больных вибрационной болезнью первой степени от воздействия локальной вибрации ( $p_{1-3} < 0,001$ ), в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации ( $p_{1-4} < 0,001$ ) и в группе больных при вибрационной болезни второй степени от воздействия локальной вибрации при ее сочетании с остеоартрозом по сравнению с контрольной группой ( $p_{1-5} < 0,001$ ).

Таблица 2 — Основные иммунологические показатели при вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации и в ее сочетании с остеоартрозом

Показатель	Исследуемые группы				
	Контрольная	Контактные	ВВ первой степени от воздействия локальной вибрации	ВВ второй степени от воздействия локальной вибрации	ВВ второй степени от воздействия локальной вибрации в сочетании с остеоартрозом
СРБ, мт/л	0,00 ± 0,00	0,45 ± 0,15	1,04 ± 0,21	1,52 ± 0,44	3,01 ± 1,18
РФ, МЕ/мл	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	7,10 ± 1,29
Фибриноген, г/л	2,33 ± 0,13	3,10 ± 0,08	3,23 ± 0,07	3,74 ± 0,16	4,21 ± 0,10
CD4+лц	1,14 ± 0,04	0,94 ± 0,02	0,88 ± 0,02	0,86 ± 0,03	0,92 ± 0,02
CD4+, %	45,22 ± 0,46	41,52 ± 0,31	40,91 ± 0,27	58,74 ± 0,75	40,74 ± 0,34
CD8+лц	0,59 ± 0,02	0,50 ± 0,02	0,56 ± 0,02	0,38 ± 0,02	0,31 ± 0,01
CD8+, %	26,69 ± 0,28	27,16 ± 0,10	27,20 ± 0,13	24,42 ± 0,27	20,31 ± 0,25
IL-1β	30,84 ± 0,30	47,32 ± 0,72	46,61 ± 0,81	93,84 ± 1,28	466,71 ± 12,38
IL-4	26,05 ± 0,30	20,70 ± 0,38	21,85 ± 0,29	21,00 ± 0,19	17,48 ± 0,19
IL-8	16,97 ± 0,74	59,92 ± 0,93	62,11 ± 0,88	72,13 ± 0,44	85,45 ± 0,88

Оценка субпопуляций CD4+, CD8+, CD16+ лимфоцитов показала достоверное увеличение показателя CD4+лц в группе контактных ( $p_{1-2} < 0,001$ ), в 3-й группе больных ( $p_{1-3} < 0,001$ ), в 4-й группе больных ( $p_{1-4} < 0,001$ ) и в 5-й группе больных по сравнению с контрольной группой ( $p_{1-5} < 0,001$ ). Показатель CD4+, % был достоверно увеличен в группе контактных ( $p_{1-2} < 0,001$ ) и во всех группах больных ( $p_{1-3, 4, 5} < 0,001$ ). Кроме того, выявлены достоверно более высокие значения данного показателя в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации по сравнению с группой больных вибрационной болезнью первой степени от воздействия локальной вибрации ( $p_{3-4} < 0,001$ ) и также в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации в сочетании с остеоартрозом по сравнению с группой больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации ( $p_{4-5} < 0,001$ ).

Показатели CD8+лц лимфоцитов достоверно снижены в группе больных вибрационной болезнью второй степени ( $p_{1-4} < 0,001$ ) и в группе больных при вибрационной болезни второй степени при ее сочетании с остеоартрозом по сравнению с контрольной группой ( $p_{1-5} < 0,001$ ). Также выявлены достоверно более низкие значения данного показателя в группе больных вибрационной болезнью второй степени по сравнению с группой больных вибрационной болезнью первой степени ( $p_{3-4} < 0,001$ ) и в группе больных при вибрационной болезни второй степени от воздействия локальной вибрации при ее сочетании с остеоартрозом по сравнению с группой больных вибрационной болезнью второй степени ( $p_{4-5} < 0,001$ ).

Показатели CD8+, % лимфоцитов достоверно уменьшены в 4-й и 5-й группах больных ( $p_{1-4, 5} < 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. Также выявлены достоверно более низкие значения данного показателя в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации по сравнению с группой больных вибрационной болезнью первой степени от воздействия локальной вибрации ( $p_{3-4} < 0,001$ ) и в группе больных вибрационной болезнью второй степени в сочетании с остеоартрозом по сравнению с группой больных вибрационной болезнью второй степени ( $p_{4-5} < 0,001$ ).

Анализ цитокинового статуса показал, что содержание интерлейкина 1-бета в сыворотке крови обследуемых лиц достоверно увеличен в группе контактных ( $p_{1-2} < 0,001$ ) и во всех группах больных ( $p_{3, 4, 5} < 0,001$ ). Также выявлены достоверно более высокие значения данного показателя в группе больных вибрационной болезнью второй степени по сравнению с группой больных вибрационной болезнью первой степени ( $p_{3-4} < 0,001$ ) и в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации в сочетании с остеоартрозом по сравнению с группой больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации ( $p_{4-5} < 0,001$ ).

Показатели интерлейкина-4 в сыворотке крови обследуемых групп достоверно уменьшены в группе контактных ( $p_{1-2} < 0,001$ ) и во всех группах больных ( $p_{3, 4, 5} < 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. Также достоверное уменьшение показателей IL-4 обнаруживалось в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации в сочетании

с остеоартрозом по сравнению с группой больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации ( $p_{4-5} < 0,001$ ).

Оценка показателя интерлейкина-8 показала его достоверное увеличение в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации по сравнению с группой больных вибрационной болезнью первой степени ( $p_{3-4} < 0,001$ ) и также в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации в сочетании с остеоартрозом по сравнению с группой больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации ( $p_{4-5} < 0,001$ ).

Анализом данных опросника SF-36 (таблица 3) установлено достоверное снижение изученных показателей во всех исследуемых группах сравнения по отношению к контролю.

Таблица 3 — Показатели качества жизни при вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации и в ее сочетании с остеоартрозом

Показатель	Исследуемые группы				
	контрольная	контактные	ВБ первой степени от воздействия локальной вибрации	ВБ второй степени от воздействия локальной вибрации	ВБ второй степени от воздействия локальной вибрации в сочетании с остеоартрозом
Физическое функционирование (PF)	84,31 ± 0,26	78,42 ± 0,85	72,59 ± 0,56	43,22 ± 0,18	39,47 ± 0,67
Ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием (RP)	84,19 ± 0,73	71,05 ± 0,80	66,38 ± 0,61	42,03 ± 0,63	22,26 ± 0,89
Интенсивность боли (BR)	88,53 ± 0,34	84,29 ± 0,35	42,84 ± 0,76	45,43 ± 0,49	38,34 ± 0,62
Общественное состояние здоровья (GH)	81,05 ± 0,32	83,12 ± 0,37	62,46 ± 0,33	54,62 ± 0,15	47,97 ± 0,18
Жизненная активность (VT)	75,41 ± 0,24	64,78 ± 0,29	55,44 ± 0,18	56,39 ± 0,14	51,22 ± 0,32
Социальное функционирование (SF)	89,64 ± 0,38	76,20 ± 0,29	68,46 ± 0,22	59,33 ± 0,19	59,21 ± 0,18
Ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием (RE)	66,06 ± 1,25	61,00 ± 0,54	55,61 ± 0,34	56,04 ± 0,17	55,08 ± 0,23
Психическое здоровье (MH)	86,99 ± 0,29	78,56 ± 0,48	63,49 ± 0,23	60,04 ± 0,21	56,03 ± 0,29

Результаты данных значений шкалы «Физическое функционирование (PF)» показали достоверное снижение показателя в группе контактных ( $p_{1-2} < 0,001$ ) и во всех трех группах больных ( $p_{-3, 4, 5} < 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. Также выявлены достоверно более низкие значения данного показателя в группе больных вибрационной болезнью первой степени от воздействия локальной вибрации по сравнению с группой контактных ( $p_{2-3} < 0,001$ ), в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации по сравнению с группой больных вибрационной болезнью первой степени ( $p_{3-4} < 0,001$ ) и в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации в сочетании с остеоартрозом по сравнению с группой больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации ( $p_{4-5} < 0,001$ ).

Изучение результативных данных шкалы «Ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием (RP)» выявило достоверное снижение показателя в группе контактных ( $p_{1-2} < 0,001$ ) и во всех трех группах больных ( $p_{3, 4, 5} < 0,001$ ) по сравнению с группой контроля. Также выявлены достоверно более низкие значения данного показателя в группе больных вибрационной болезнью первой степени от воздействия локальной вибрации по сравнению с группой контактных ( $p_{2-3} < 0,001$ ), в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации по сравнению с группой больных вибрационной болезнью первой степени ( $p_{3-4} < 0,001$ ) и в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации в сочетании с остеоартрозом по сравнению с группой больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации ( $p_{4-5} < 0,001$ ).



При анализе шкалы «Интенсивность боли (BR)» также установлено достоверное снижение показателей в группе контактных и во всех трех группах больных ( $p_{1-2, 3, 4, 5} < 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. Выявлены достоверно более низкие значения показателя в группе больных вибрационной болезнью первой степени от воздействия локальной вибрации по сравнению с группой контактных ( $p_{2-3} < 0,001$ ) и в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации в сочетании с остеоартрозом по сравнению с группой больных вибрационной болезнью второй степени ( $p_{4-5} < 0,001$ ).

Установлено достоверное уменьшение показателей шкал «Общественное состояние здоровья (GH)», «Жизненная активность (VT)» и «Социальное функционирование (SF)» в группе контактных и во всех трех группах больных ( $p_{1-2, 3, 4, 5} < 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. Кроме того, выявлены достоверно более низкие значения данных показателей в группе больных вибрационной болезнью первой степени от воздействия локальной вибрации по сравнению с группой контактных ( $p_{2-3} < 0,001$ ), в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации по сравнению с группой больных вибрационной болезнью первой степени ( $p_{3-4} < 0,001$ ) и в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации в сочетании с остеоартрозом по сравнению с группой больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации ( $p_{4-5} < 0,001$ ).

Оценкой шкалы «Ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием (RE)» установлено достоверное снижение показателя в группе больных вибрационной болезнью первой степени от воздействия локальной вибрации по сравнению с группой контактных ( $p_{2-3} < 0,001$ ).

Показатель шкалы «Психическое здоровье (MH)» имел достоверно более низкие значения в группе больных вибрационной болезнью первой степени от воздействия локальной вибрации по сравнению с группой контактных ( $p_{2-3} < 0,001$ ), в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации по сравнению с группой больных вибрационной болезнью первой степени от воздействия локальной вибрации ( $p_{3-4} < 0,001$ ) и в группе больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации в сочетании с остеоартрозом по сравнению с группой больных вибрационной болезнью второй степени от воздействия локальной вибрации ( $p_{4-5} < 0,001$ ).

Таким образом, установлено прогностическое значение изменений иммунного профиля и цитокиновой регуляции при вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации и ее сочетании с остеоартрозом. При вибрационной болезни от действия локальной и ее сочетании с остеоартрозом клинико-патогенетические изменения характеризуются достоверным снижением уровней CD4<sup>+</sup>, CD8<sup>+</sup> субпопуляций лимфоцитов, повышением сывороточной концентрации IL-1 $\beta$ , IL-8. Полученные данные свидетельствуют о том, что изменение иммунной реактивности организма лиц, работающих в условиях воздействия производственной вибрации, служит важным фактором патогенеза формирования профессиональной патологии. При этом изучение параметров иммунного гомеостаза при вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации и ее сочетании с деформирующим остеоартрозом открывает перспективы для реабилитации и лечения пациентов с данной патологией, а также дополняет наши знания о патогенезе заболевания.

С учетом того, что развитие и манифестация симптомов вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации, в том числе и коморбидных состояний (к которым относится и деформирующий остеоартроз), проявляются позднее, чем регистрируются изменения в иммунном статусе, большое практическое значение имеет создание динамического мониторинга за состоянием здоровья лиц, контактирующих с производственной вибрацией.

Установлено прогностическое значение определения качества жизни при вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации и ее сочетании с остеоартрозом. Доказано, что при воздействии производственной вибрации происходит изменение всех показателей, характеризующих качество жизни, наиболее выраженное при вибрационной болезни второй степени от воздействия локальной вибрации и ее сочетании с остеоартрозом.

## Литература

1. Профессиональная патология. Национальное руководство / под ред. Н. Ф. Измерова. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. — 784 с.
2. Профессиональные болезни / под ред. Н. А. Мухина, С. А. Бабанова. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. — 576 с. — (Библиотека врача-специалиста. Медико-профилактическое дело. Лечебное дело).

3. Вибрационная болезнь. Клинические рекомендации [Электронный ресурс]: утв. 2022 / разработ.: Ассоциация врачей и специалистов по медицине труда. — Режим доступа: <http://amt-oha.ru/fkr/>. — Дата доступа: 09.08.2023.

4. Шпагина, Л. А. Особенности клиники и течения вибрационной болезни у шахтеров виброопасных профессий Кузбасского региона. Часть 2 / Л. Н. Шпагина, В. В. Захаренков, С. Н. Филимонов // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. — 2012. — № 5–2. — С. 67–69.

5. Hand-arm vibration syndrome: a common occupational hazard in industrialized countries / C. Heaver [et al.] // J. Hand Surg. Eur. — 2011. — Vol. 36, № 5. — P. 354–363.

Поступила 14.08.2023

## ПАНДЕМИЯ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19 И ФАКТОРЫ РИСКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ

<sup>1</sup>Бабанов С. А., д. м. н., профессор, [s.a.babanov@mail.ru](mailto:s.a.babanov@mail.ru),

<sup>1</sup>Острякова Н. А., [kostm-90@mail.ru](mailto:kostm-90@mail.ru),

<sup>2</sup>Стрижаков Л. А., д. м. н., профессор, [strizhakov76@mail.ru](mailto:strizhakov76@mail.ru),

<sup>3</sup>Мелентьев А. В., к. м. н., [amedik@yandex.ru](mailto:amedik@yandex.ru),

<sup>4</sup>Лысова М. В., [margol79@mail.ru](mailto:margol79@mail.ru)

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия;

<sup>4</sup>Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Самарской области «Самарская городская больница № 5», г. Самара, Россия

Прошедшая пандемия новой коронавирусной инфекции COVID-19 оказала серьезное психологическое воздействие на медицинских работников всех специальностей, перестроила обычный распорядок повседневной жизни и работы [1, 2]. Согласно отечественным и международным данным, высокий уровень нагрузки и угроза инфекционного заражения значительно повышают риск профессионального выгорания и эмоциональной дезадаптации среди врачей и среднего медицинского персонала [3, 4]. При этом доказано, что повышенная нервно-эмоциональная нагрузка сопряжена с высоким риском соматических и психических расстройств [5].

Целью исследования являлось установление особенностей состояния психоэмоциональной сферы и реализуемых копинг-стратегий среди медицинских работников терапевтических специальностей COVID-госпиталей, медицинского персонала АПЗ и медицинского персонала многопрофильных стационаров во время пандемии COVID-19.

Обследованы следующие группы врачей:

1-я группа — врачи терапевтических специальностей (далее — ВТС) COVID-госпиталей (n = 111);

2-я группа — врачи терапевтических специальностей многопрофильных стационаров (далее — ВТС МПС) (n = 106);

3-я группа — врачи терапевтических специальностей амбулаторно-поликлинического звена (далее — ВТС АПЗ) (n = 102);

4-я группа (контрольная) — работники инженерно-технических и экономических специальностей, не связанных по профилю деятельности с работой в медицинских организациях (здоровые) (n = 190).

В исследовании был использован интегративный тест тревожности (Бизюк А. П. и соавт., 1997) с целью изучения формирования психоэмоциональных расстройств у врачей терапевтических специальностей в период пандемии новой коронавирусной инфекции. Оценка копинг-стратегий у врачей терапевтических специальностей в период пандемии COVID-19 проводилась по методике

Р. Лазаруса и С. Фолкмана (1988), адаптированной Т. Л. Крюковой и соавт. (2004). При статистической обработке достоверность различий определялась при помощи однофакторного дисперсного анализа (ANOVA) с последующими межгрупповыми сравнениями по критерию Dunnet. Обработка полученных данных проводилась с использованием статистического пакета Statistica (StatSoft, USA).

После обработки результатов анкетирования (таблица 1) нами проведены оценка и анализ показателей тревожности у ВТС в период пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19. Показатели почти всех компонентов тревожности, полученных в результате интерпретации методики «Применение интегративного теста тревожности», во всей выборке находились в пределах средних значений от 4 до 6 станайнов. Компонент «тревожная оценка перспективы», отражающий прогноз личности относительно своего будущего, в группе ВТС COVID-госпиталя находился в зоне высоких значений —  $6,72 \pm 0,13$ .

Таблица 1 — Показатели компонентов тревожности у ВТС в период пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19

Показатели	ВТС COVID-госпиталей (1-я группа)	ВТС МПС (2-я группа)	ВТС АПЗ (3-я группа)	Контрольная 4-я группа	p1-2	p1-3	p2-3
Эмоциональный дискомфорт	$5,53 \pm 0,16$ $p1-4 \leq 0,001$	$3,58 \pm 0,17$ $p2-4 = 1,00$	$4,78 \pm 0,14$ $p3-4 \leq 0,001$	$3,67 \pm 0,11$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Астенический компонент	$5,93 \pm 0,13$ $p1-4 \leq 0,001$	$3,71 \pm 0,18$ $p2-4 = 0,999$	$5,37 \pm 0,10$ $p3-4 \leq 0,001$	$3,81 \pm 0,12$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Фобический компонент	$5,24 \pm 0,13$ $p1-4 \leq 0,001$	$3,92 \pm 0,15$ $p2-4 = 0,156$	$6,26 \pm 0,10$ $p3-4 \leq 0,001$	$3,51 \pm 0,12$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Тревожная оценка перспективы	$6,72 \pm 0,13$ $p1-4 \leq 0,001$	$4,25 \pm 0,15$ $p2-4 = 0,313$	$5,70 \pm 0,10$ $p3-4 \leq 0,001$	$3,88 \pm 0,13$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Социальная защита	$6,26 \pm 0,14$ $p1-4 \leq 0,001$	$4,77 \pm 0,15$ $p2-4 = 0,003$	$5,75 \pm 0,20$ $p3-4 \leq 0,001$	$4,06 \pm 0,10$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Общий уровень тревожности	$6,06 \pm 0,13$ $p1-4 \leq 0,001$	$3,96 \pm 0,15$ $p2-4 = 0,055$	$5,12 \pm 0,07$ $p3-4 \leq 0,001$	$3,72 \pm 0,12$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$

Также в зоне высоких значений у ВТС COVID-госпиталей находился показатель «социальная защита» ( $6,26 \pm 0,14$ ), который связывался с основными проявлениями тревожности в сфере социальных контактов или с попытками испытуемого рассматривать социальную среду как основной источник тревожных напряжений. В группе ВТС АПЗ повышен показатель «Фобический компонент тревожности», который отражает фобическую направленность тревоги у специалистов. При оценке показателя «эмоциональный дискомфорт» определялось его достоверное увеличение в группе ВТС, работающих в COVID-госпитале ( $p1-4 \leq 0,001$ ); в группе ВТС АПЗ ( $p3-4 \leq 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. Одновременно не выявлено достоверных различий по данному показателю при сравнении группы ВТС МПС ( $p2-4 = 1,00$ ) и контрольной группы. При этом показатель «эмоциональный дискомфорт» был достоверно выше у ВТС, работающих в COVID-госпитале, по сравнению с ВТС МПС ( $p1-2 \leq 0,001$ ) и ВТС АПЗ ( $p1-3 \leq 0,001$ ). В то же время показатель «эмоциональный дискомфорт» у ВТС АПЗ был достоверно выше по сравнению с ВТС МПС ( $p2-3 \leq 0,001$ ).

При оценке показателя «астенический компонент» установлено его достоверное увеличение в группе ВТС, работающих в COVID-госпитале ( $p1-4 \leq 0,001$ ), и в группе ВТС АПЗ ( $p3-4 \leq 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. Не выявлено существенных различий по данному показателю при сравнении группы ВТС МПС ( $p2-4 = 0,999$ ) и контрольной группы. При этом данный показатель был достоверно выше у ВТС, работающих в COVID-госпитале, по сравнению с ВТС МПС ( $p1-2 \leq 0,001$ ) и ВТС АПЗ ( $p1-3 \leq 0,001$ ). В то же время показатель «астенический компонент» у ВТС АПЗ достоверно превышал таковой у ВТС МПС ( $p2-3 \leq 0,001$ ).

При оценке показателя «фобический компонент» выявлено достоверное увеличение в группе ВТС, работающих в COVID-госпитале ( $p1-4 \leq 0,001$ ), и в группе ВТС АПЗ ( $p3-4 \leq 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. Однако не выявлено достоверных различий по данному показателю при сравнении группы ВТС МПС ( $p2-4 = 0,156$ ) и контрольной группы. При этом показатель «фобический компонент» был достоверно выше у ВТС АПЗ по сравнению с ВТС МПС ( $p2-3 \leq 0,001$ ) и ВТС, работающими в COVID-госпитале ( $p1-3 \leq 0,001$ ).

При оценке показателя «тревожная оценка перспектив» установлено его достоверное увеличение в группе ВТС, работающих в COVID-госпитале ( $p1-4 \leq 0,001$ ) и в группе ВТС АПЗ ( $p3-4 \leq 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. Одновременно не выявлено достоверных различий по данному

показателю при сравнении группы ВТС МПС ( $p_{2-4} = 0,313$ ) и контрольной группы. При этом показатель был достоверно выше у ВТС, работающих в COVID-госпитале, по сравнению с ВТС МПС ( $p_{1-2} \leq 0,001$ ) и ВТС АПЗ ( $p_{1-3} \leq 0,001$ ). К тому же данный показатель у ВТС АПЗ был достоверно выше, чем в группе ВТС МПС ( $p_{2-3} \leq 0,001$ ).

При оценке показателя «социальная защита» определялось достоверное его увеличение в группе ВТС, работающих в COVID-госпитале ( $p_{1-4} \leq 0,001$ ), и в группе ВТС МПС ( $p_{2-4} = 0,003$ ) и в группе ВТС АПЗ ( $p_{3-4} \leq 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. Данный показатель был выше у ВТС, работающих в COVID-госпитале, по сравнению с ВТС МПС ( $p_{1-2} \leq 0,001$ ) и ВТС АПЗ ( $p_{1-3} \leq 0,001$ ), а также у ВТС АПЗ по сравнению с ВТС МПС ( $p_{2-3} \leq 0,001$ ).

При анализе показателя «общий уровень тревожности» выявлено его достоверное увеличение в группе ВТС, работающих в COVID-госпитале ( $p_{1-4} \leq 0,001$ ), и в группе ВТС АПЗ ( $p_{3-4} \leq 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой при отсутствии существенных различий по данному показателю группы ВТС МПС ( $p_{2-4} = 0,055$ ) и контрольной группы. При этом показатель у ВТС, работающих в COVID-госпитале, достоверно превышал их величины в группах ВТС МПС ( $p_{1-2} \leq 0,001$ ) и ВТС АПЗ ( $p_{1-3} \leq 0,001$ ), а в группе ВТС АПЗ был выше, чем в группе ВТС МПС ( $p_{2-3} \leq 0,001$ ).

При анализе показателей применения копинг-стратегий у ВТС в период пандемии COVID-19 установлены следующие особенности (таблица 2).

Таблица 2 — Средние значения частоты применения копинг-стратегий у ВТС в период пандемии COVID-19

Копинг-стратегии	ВТС COVID-госпиталей (1-я группа)	ВТС МПС (2-я группа)	ВТС АПЗ (3-я группа)	Контрольная (4-я группа)	p1-2	p1-3	p2-3
Конфронтация	45,05 ± 1,64 p1-4 = 0,982	46,61 ± 1,39 p2-4 = 1,00	43,32 ± 2,58 p3-4 = 0,592	46,92 ± 0,89	0,85	0,922	0,6
Дистанцирование	44,60 ± 2,05 p1-4 = 0,977	48,80 ± 1,32 p2-4 = 0,989	52,58 ± 2,28 p3-4 = 0,170	46,8 ± 1,64	0,236	0,03	0,393
Самоконтроль	49,10 ± 1,74 p1-4 = 0,037	55,46 ± 1,38 p2-40 ≤ 0,001	52,85 ± 1,87 p3-4 ≤ 0,001	43,20 ± 1,24	0,014	0,369	0,598
Поиск социальной поддержки	49,59 ± 1,74 p1-4 = 0,870	49,96 ± 1,91 p2-4 = 0,106	48,60 ± 2,64 p3-4 = 0,357	43,45 ± 1,36	0,474	0,894	0,966
Принятие ответственности	49,00 ± 1,77 p1-4 = 0,1	51,27 ± 1,72 p2-4 = 0,004	54,54 ± 1,90 p3-4 ≤ 0,001	43,68 ± 1,24	0,736	0,1	0,497
Бегство-избегание	48,70 ± 1,52 p1-4 = 0,956	47,50 ± 2,61 p2-4 = 0,999	52,19 ± 3,15 p3-4 = 0,272	45,63 ± 2,02	0,971	0,684	0,582
Планирование решения проблемы	48,90 ± 1,12 p1-4 = 0,102	51,21 ± 1,16 p2-4 = 0,001	51,53 ± 1,67 p3-4 = 0,001	44,70 ± 1,01	0,396	0,474	0,998
Положительная переоценка	48,86 ± 1,33 p1-4 = 0,254	51,31 ± 2,08 p2-4 = 0,012	52,95 ± 1,90 p3-4 = 0,001	44,35 ± 1,18	0,686	0,22	0,916

При оценке показателя «дистанцирование» определялось достоверное повышение у ВТС COVID-госпиталей по сравнению с ВТС АПЗ ( $p_{1-3} = 0,030$ ). При анализе показателя «самоконтроль» установлено достоверное увеличение в группах ВТС COVID-госпиталей ( $p_{1-4} = 0,037$ ); ВТС МПС ( $p_{2-4} < 0,001$ ) и ВТС АПЗ ( $p_{3-4} \leq 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. При этом данный показатель был выше у ВТС COVID-госпиталей по сравнению с ВТС МПС ( $p_{1-2} = 0,014$ ).

При оценке показателя «принятие ответственности» установлено достоверное увеличение в группе ВТС МПС ( $p_{2-4} = 0,004$ ) и ВТС АПЗ ( $p_{3-4} \leq 0,001$ ) по сравнению с контролем. При оценке показателя «планирование решения проблемы» определялось его достоверное увеличение в группах ВТС МПС ( $p_{2-4} = 0,001$ ) и ВТС АПЗ ( $p_{3-4} = 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. Показатель «положительная переоценка» в группах ВТС МПС ( $p_{2-3} = 0,012$ ) и ВТС АПЗ ( $p_{3-4} = 0,001$ ) существенно превышал таковой в контрольной группе.

Таким образом, работа врачей терапевтических специальностей в период пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 связана с воздействием на медицинских работников ряда специфических факторов риска, связанных с уходом за инфицированными пациентами, а также с существенными изменениями в работе в отношении организационных аспектов и аспектов, связанных с безопасностью, которые способствуют увеличению уровня стресса и уровня тревожности, использования копинг-стратегий.

В случае выявления факторов риска профессионального выгорания рекомендуется использовать психологическую поддержку медицинских работников с применением релаксационных упражнений, арт-терапии и программ профессиональной адаптации; физиотерапевтическое лечение (электросон, транскраниальная электростимуляция, рефлексотерапия) и санаторно-курортное лечение. Медицинским работникам, у которых выявлены факторы риска и симптомы профессионального выгорания в дополнение к вышеуказанным рекомендациям, также необходима психотерапевтическая поддержка с применением психофармакологических лекарственных средств, санаторно-курортного лечения с посещением психотерапевтических кабинетов.

## Литература

1. Профессиональное выгорание медицинских работников: пандемия COVID-19 как фактор опасного влияния на психическое здоровье / О. В. Сазонова [и др.] // Наука и инновации в медицине. — 2023. — Т. 8, № 1. — С. 39–44.
2. Водопьянова, Н. Е. Синдром психического выгорания в коммуникативных профессиях / Н. Е. Водопьянова // Психология здоровья / под ред. Г. С. Никифорова. — СПб., 2000. — С. 443–463.
3. Wu, Y. C. The outbreak of COVID-19: An overview / Y. C. Wu, C. S. Chen, Y. J. Chan // J. Chin. Med. Assoc. — 2020. — Vol. 83, № 3. — P. 20–217.
4. Пандемия новой коронавирусной инфекции и эмоциональное выгорание медицинских работников / А. В. Мелентьев [и др.] // Гигиена и санитария. — 2022. — Т. 101, № 8. — С. 935–939.
5. Бабанов, С. А. Профессия и стресс: синдром эмоционального выгорания / С. А. Бабанов // Главврач. — 2011. — № 9. — С. 50–57.

Поступила 14.08.2023

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОПИНГ-СТРАТЕГИЙ В ПРОЦЕССЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ

*Бабанов С. А., д. м. н., профессор, s. a.babanov@samsmu.ru,  
Острякова Н. А., к. м. н., kosm-90@mail.ru,  
Лысова М. В., margol79@mail.ru*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Россия

Выгорание среди врачей приводит к повышенному риску врачебной ошибки, ухудшению прогноза лечения, желанию сократить продолжительность рабочего дня, врачебную нагрузку, вплоть до ухода из профессии [1–2]. Выгорание может сказываться как на эмоциональном состоянии [3], так и на физическом здоровье медицинских работников [4]. Профессиональная деятельность врача связана с вопросами «жизни и смерти», определяющими высокую степень ответственности за другого человека, что определяет как степень риска развития профессионального выгорания, так и необходимость психологической адаптации к стрессовым условиям труда, в том числе с использованием различных копинг-стратегий психологической адаптации [5].

Цель исследования — изучить особенности проявления копинг-стратегий как механизма психологической адаптации к стрессовым факторам труда, выявить часто используемые копинг-стратегии у медицинских работников, работающих в стационарах и амбулаторно-поликлиническом звене.

Опрос и анализ были проведены среди следующих групп медицинских работников: медицинские работники (далее — МР) стационаров и медицинские работники амбулаторно-поликлинического звена.

А. Медицинские работники стационаров (n = 195):		
1-я группа — врачи терапевтических специальностей стационаров (n = 106);	2-я группа — врачи хирургических специальностей стационаров (n = 58);	3-я группа — медицинские сестры стационаров (n = 31).

В. Медицинские работники амбулаторно-поликлинического звена (n = 186):		
4-я группа — врачи терапевтических специальностей амбулаторно-поликлинического звена (n = 102);	5-я группа — врачи хирургических специальностей, амбулаторно-поликлинического звена (n = 55);	6-я группа — медицинские сестры амбулаторно-поликлинического звена (n = 29).
7-я группа — контрольная: работники инженерно-технических и экономических специальностей, не связанных по профилю деятельности с работой в медицинских организациях (здоровые) (n = 190).		

Оценка копинг-стратегий у МР проводилась по методике, разработанной Р. Лазарусом и С. Фолкманом в 1988 г., адаптированной Т. Л. Крюковой, Е. В. Куфтяк, М. С. Замышляевой в 2004 г. (Lazarus, Folkman, 1988; Крюкова Е. В., Куфтяк Е. В., Замышляева М. С., 2004). При статистической обработке достоверность различий определялась при помощи однофакторного дисперсного анализа (ANOVA) с последующими межгрупповыми сравнениями по критерию Dunnett. Обработка полученных данных проводилась с использованием статистического пакета Statistica.

После обработки результатов нами проведены оценка и анализ показателей копинг-стратегий у МР.

При оценке показателя «самоконтроль» определяется достоверное увеличение в группе МР многопрофильных стационаров ( $p_{b-10} < 0,001$ ) и МР амбулаторно-поликлинического звена ( $p_{c-10} \leq 0,001$ ) по сравнению с контролем. При оценке показателя «поиск социальной поддержки» определяется достоверное увеличение в группе МР многопрофильных стационаров ( $p_{b-10} < 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. При оценке показателя «принятие ответственности» определяется достоверное увеличение в группе МР многопрофильных стационаров ( $p_{b-10} < 0,001$ ) и МР амбулаторно-поликлинического звена ( $p_{c-10} \leq 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. При оценке показателя «планирование решения проблемы» определяется достоверное увеличение в группе МР многопрофильных стационаров ( $p_{b-10} < 0,001$ ) и МР амбулаторно-поликлинического звена по сравнению с контрольной группой. При оценке показателя «положительная переоценка» определяется достоверное увеличение в МР многопрофильных стационаров ( $p_{b-10} = 0,022$ ) и МР амбулаторно-поликлинического звена ( $p_{c-10} \leq 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой.

При оценке показателя «самоконтроль» определяется достоверное увеличение в группах врачей терапевтических специальностей (далее — ВТС) стационаров ( $p_{4-10} < 0,001$ ) и ВТС амбулаторно-поликлинического звена ( $p_{7-10} \leq 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. При оценке показателя «принятие ответственности» определяется достоверное увеличение в группе ВТС стационаров ( $p_{4-10} = 0,004$ ) и ВТС амбулаторно-поликлинического звена ( $p_{7-10} \leq 0,001$ ) по сравнению с контролем. При оценке показателя «планирование решения проблемы» определяется достоверное увеличение в группах ВТС многопрофильных стационаров ( $p_{4-10} = 0,001$ ) и ВТС амбулаторно-поликлинического звена ( $p_{7-10} = 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. При оценке показателя «положительная переоценка» определяется достоверное увеличение в группах ВТС многопрофильных стационаров ( $p_{4-10} = 0,012$ ) и ВТС амбулаторно-поликлинического звена ( $p_{7-10} = 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой.

При оценке показателя «самоконтроль» определяется достоверное увеличение в группах врачей хирургических специальностей (далее — ВХС) стационаров ( $p_{5-10} < 0,001$ ) и ВХС амбулаторно-поликлинического звена ( $p_{8-10} \leq 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. При оценке показателя «поиск социальной поддержки» определяется достоверное увеличение в группе ВХС стационаров ( $p_{5-10} = 0,024$ ) по сравнению с контрольной группой. При оценке показателя «принятие ответственности» определяется достоверное увеличение в группах ВХС стационаров ( $p_{5-10} \leq 0,001$ ) и ВХС амбулаторно-поликлинического звена ( $p_{8-10} = 0,014$ ) по сравнению с контролем.

При оценке показателя «самоконтроль» определяется достоверное увеличение в группах медицинских сестер, работающих в многопрофильных стационарах ( $p_{6-10} = 0,013$ ), и медицинских сестер, работающих в амбулаторно-поликлиническом звене ( $p_{9-10} \leq 0,001$ ), по сравнению с контрольной группой.

В результате проведенного исследования показаны особенности формирования адаптивных копинг-стратегий как психологических защитных механизмов, профессионального поведения у врачей терапевтического, хирургического профиля и медицинских сестер многопрофильных стационаров и амбулаторно-поликлинического звена. Показано, что преобладающими копинг-стратегиями у врачей хирургических специальностей на высоком уровне находятся такие копинг-стратегии, как «поиск социальной поддержки», «самоконтроль», «принятие ответственности». У врачей терапевтических специальностей — «самоконтроль», «принятие ответственности», «положительная переоценка», «планирование решения проблемы». У медицинских сестер на высоком уровне находится

копинг-стратегия «самоконтроль». Оценка особенностей проявления копинг-стратегий, как механизма психологической адаптации к стрессовым условиям труда у медицинских работников позволяет своевременно использовать методики психологической реабилитации и терапии.

*Конфликт интересов: все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.*

## Литература

1. *Бабанов, С. А.* Профессия и стресс: синдром эмоционального выгорания / С. А. Бабанов // Энергия: экономика, техника, экология. — 2010. — № 10. — С. 74–79.
2. *Sulkowski, L.* COVID-19 pandemic; recession, virtual revolution leading to de-globalization? / L. Sulkowski // J. Intercult. Manag. — 2020. — Vol. 12, № 1. — P. 1–11.
3. Factors associated with mental health outcomes among health care workers exposed to Coronavirus Disease 2019 / J. Lai [et al.] // JAMA Network Open. — 2020. — Vol. 3, № 3. — P. e203976.
4. A Qualitative study on the psychological experience of caregivers of COVID-19 patients / N. Sun [et al.] // Am. J. Infect. Control. — 2020. — Vol. 48, № 6. — P. 592–598.
5. *Сыч, И. А.* Роль неконструктивных копинг-стратегий в развитии эмоционального выгорания медицинских работников / И. А. Сыч // Социальные и гуманитарные науки: теория и практика. — 2018. — № 1(2). — С. 603–609.

Поступила 06.09.2023

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОЙ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩЕЙСЯ РАЗНЫМ СПЕКТРАЛЬНЫМ СОСТАВОМ

*Баслык А. Ю., physical.factors@rspch.by,  
Итнаева-Людчик С. Л., к. м. н., ssecretary@rspch.by,  
Коноплянко В. А., к. б. н., trud@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Высокая работоспособность зрительного анализатора в течение рабочей смены на протяжении всего трудового стажа работающих, а также комфорт выполнения зрительных работ имеют принципиальное значение для безопасности и эффективности трудового процесса. В силу особенностей технологических процессов и режимов работы предприятий, законодательно установленной продолжительности рабочей смены необходимостью является повсеместное использование искусственного освещения, дополняющего естественное [1]. Существующие типы электрических источников света и систем искусственного освещения с гигиенической точки зрения не могут быть полноценной заменой естественного освещения для помещений различного назначения, в первую очередь по качественным характеристикам видимого диапазона электромагнитного излучения, генерируемого искусственными источниками света.

В настоящее время отмечается широкое внедрение инновационных энергосберегающих осветительных установок с применением в качестве источников света излучающих диодов, обладающих по сравнению с традиционными электрическими источниками света (разрядными, лампами накаливания) рядом светотехнических преимуществ [2]. При этом наибольшее распространение в системах освещения помещений получили люминофорные светодиодные источники [3]. Способ генерирования света люминофорными светодиодными источниками заключается в излучении квантов коротковолнового видимого излучения (с длиной волны в диапазоне 400–460 нм) полупроводниковым кристаллом, покрытым типовым (стоксовым) люминофором, преобразующим данное излучение в соотношении, при котором результирующее видимое излучение воспринимается зрительным анализатором человека как цвет, близкий к белому. Существенным недостатком люминофорных светодиодных источников является выраженная коротковолновая составляющая в спектре видимого излучения. Данная светотехническая особенность светодиодных источников может оказывать потенциально неблагоприятное воздействие на орган зрения [4], нейроэндокринную регуляцию и психофизиологические реакции человека [5]. Это требует обоснования критериев безопас-

ности и безвредности спектрального состава световой среды, формируемой светодиодными источниками света на рабочих местах, и определяет актуальность исследований, направленных на изучение влияния световой среды с разными цветовыми характеристиками на функциональное состояние работников.

Проведены исследования, направленные на изучение особенностей влияния искусственной световой среды, формируемой светодиодными источниками света с разной коррелированной цветовой температурой (далее — КЦТ), на психофизиологические реакции работников. Для проведения исследований были сформированы 3 группы работников (каждая численностью 30 человек). Критерием разделения на группы сравнения являлась цветность искусственной световой среды на рабочих местах.

В качестве показателя, позволяющего оценивать цветность световой среды на рабочих местах, принята КЦТ. Согласно СТБ ISO 11664-2-2018 «Колориметрия. Часть 2. Стандартные иллюминанты CIE», современное измерительное оборудование позволяет определять численное значение КЦТ, создаваемой источником света либо световой средой пространства, что представляет возможность для объективной оценки субъективности зрительного восприятия цветности человеком. Таким образом, КЦТ является показателем, позволяющим дать количественную оценку восприятия человеком оттенков (цветности) белого света.

Учитывая вышеизложенное, на этапе планирования исследований психофизиологического состояния работников для формирования группы были заданы следующие параметры искусственной световой среды в помещениях по номинальным значениям КЦТ:

группа № 1 — работающие в течение смены на рабочих местах в условиях искусственной световой среды с теплой цветностью (КЦТ 2700–3500 К);

группа № 2 — работающие в условиях искусственной световой среды с нейтральной цветностью электромагнитного излучения в видимом диапазоне (КЦТ 4000–5000 К);

группа № 3 — работающие в условиях искусственной световой среды с холодной цветностью (КЦТ 5700–6500 К).

Значения КЦТ определялись посредством проведения измерений данного показателя на рабочих местах работников, отобранных в исследуемые группы, и анализа информации, изложенной в эксплуатационно-технической документации на электрические источники света, применяемые для освещения помещений, в которых находились исследуемые работники.

Кроме того, при формировании изучаемых групп работников критериями отбора являлись: допустимый класс условий труда; выполнение в процессе трудовой деятельности зрительных работ, имеющих схожие характеристики точности (размер объекта различения, контраст между объектом различения и фоном, характеристики фона рабочей поверхности).

Исследования выполнены с применением аппаратно-программного комплекса «НС-ПсихоТест» (далее — комплекс) производства ООО «Нейрософт» (Российская Федерация). Оценка психофизиологического статуса работающих включала следующие методики: критическая частота слияния световых мельканий, экспресс-методика «Теппинг-тест», простая зрительно-моторная реакция, методика оценки помехоустойчивости, реакция на движущийся объект. Исходя из нашего опыта применения комплекса при оценке психофизиологического статуса работающих в различных условиях световой среды, указанный набор методик позволяет наиболее точно и достоверно оценить реакцию организма, опосредованную зрительным анализатором, на особенности световой среды, в которой находится работник в течение рабочей смены. Исследования психофизиологических реакций работников проведены в динамике рабочего дня; в настоящей статье изложены результаты оценки показателей по окончании рабочей смены.

Исследования выполнены в период года, характеризующийся коротким световым днем (октябрь–март), при условии применения в течение всего рабочего дня (смены) электрического освещения помещений, в которых находились рабочие места обследуемых групп работников.

Значения оцениваемых показателей психофизиологического статуса работающих, полученные по окончании рабочей смены в трех исследуемых группах, использовались для сравнительного статистического анализа данных показателей попарно между группами (группа № 1 с группой № 2, группа № 1 с группой № 3 и группа № 2 с группой № 3).

Полученные данные для оценки достоверности подвергали статистической обработке общепринятыми методами. Расчеты статистической значимости критериев проверки нулевой гипотезы на соответствие фактического распределения измеренных значений нормальному показали, что уровень статистической значимости ( $p$ ) для критериев Колмогорова — Смирнова, Колмогорова — Смирнова с поправкой Лиллиефорса и Шапиро — Уилка составил менее 0,05, что свидетельствует о распределении изучаемой выборки, отличающемся от нормального. Поэтому количественные



значения оцениваемых показателей психофизиологического статуса работников представлены в виде медианы (далее — Me) и интерквартильного размаха (далее — P25–P75). При оценке различий между результатами опыта и показателями контроля использовали непараметрический U-критерий Манна — Уитни. Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез был принят критерий доверительной вероятности  $p < 0,05$ .

Результаты исследования психофизиологического состояния работающих в условиях искусственной световой среды помещений, сформированной светодиодными источниками света, приведены в таблицах 1–5.

Таблица 1 — Результаты исследований критической частоты слияния световых мельканий

Оцениваемый показатель	Значения показателей, Гц, Me (P25–P75) в исследуемых группах работников		
	Группа № 1	Группа № 2	Группа № 3
При возрастании	40 (38–43)	42 (40–45)	43 (39–47)
При убывании	45 (43–48)	45 (43–47)	45 (43–47)
Средняя частота	43 (40–46)	43 (42–45)	44 (42–46)

Таблица 2 — Результаты исследований по методике «Теппинг-тест»

Оцениваемый показатель	Значения показателей, Me (P25–P75) в исследуемых группах работников		
	Группа № 1	Группа № 2	Группа № 3
Общее количество ударов	194 (162–202)	189 (178–195)	188 (140–201)
Уровень лабильности, усл. ед.	6 (5–6)	5 (5–6)	4 (1–6)
Уровень выносливости, усл. ед.	7 (5–8)	7 (6–8)	4 (2–7)
Показатель силы системы, усл. ед.	4,4 (3,8–5,0)	4,2 (3,6–4,4)	3,5 (1,3–4,8)

Таблица 3 — Результаты исследований простой зрительно-моторной реакции

Оцениваемый показатель	Значения показателей, Me (P25–P75) в исследуемых группах работников		
	Группа № 1	Группа № 2	Группа № 3
Среднее значение, мсек.	220,5 (205,6–243,4)	218,8 (209,7–255,9)	220,7 (208,4–239,7)
Стандартное отклонение, мсек.	69,9 (49,8–92,1)	72,6 (56,2–118,4)	72,5 (46,9–100,5)
Функциональный уровень системы, $1/c^2$	4,6 (4,4–4,7)	4,3 (4,1–4,7)	4,4 (4,2–4,5)
Устойчивость реакции, $1/c$	2,1 (2,0–2,4)	1,7 (1,6–2,2)	1,8 (1,7–2,2)
Уровень функциональных возможностей, $1/c^2$	3,7 (3,5–4,0)	3,4 (3,2–3,9)	3,5 (3,3–3,8)

Таблица 4 — Результаты исследований реакции на движущийся объект

Оцениваемый показатель	Значения показателей, Me (P25–P75) в исследуемых группах работников		
	Группа № 1	Группа № 2	Группа № 3
Количество точных реакций	19 (13–27)	18 (12–26)	19 (12–26)
Количество опережений	17 (12–30)	16 (10–26)	17 (11–23)
Количество запаздываний	9 (7–12)	10 (7–13)	8 (5–11)

Таблица 5 — Результаты исследований помехоустойчивости

Оцениваемый показатель, единицы измерения	Значения показателей, Ме (P25–P75) в исследуемых группах работников		
	Группа № 1	Группа № 2	Группа № 3
Среднее значение времени реакции, мсек.	365,4 (360,5–385,8)	373,4 (346,5–401,8)	362,1 (337,4–383,0)
Функциональный уровень системы, усл. ед.	3,3 (3,2–3,5)	3,2 (3,0–3,4)	3,1 (2,9–3,5)
Устойчивость реакции, усл. ед.	1,0 (0,6–1,3)	0,7 (0,4–1,1)	0,5 (0,3–1,0)
Уровень функциональных возможностей, усл. ед.	2,1 (1,7–2,3)	1,8 (1,4–2,1)	1,6 (1,2–2,1)

Анализ результатов исследования влияния искусственной световой среды производственных помещений с разным спектральным составом на психофизиологическое состояние работников не выявил статистически значимых различий изученных показателей примененных методик оценки, полученных по окончании рабочей смены, между тремя исследованными группами.

Следовательно, у работников при выполнении схожих зрительных работ в условиях светодиаодного освещения помещений с различной цветностью световой среды, классифицируемой по номинальным значениям КЦТ в диапазоне от 2700 К до 6500 К, определялись сопоставимые психофизиологические реакции.

## Литература

1. Естественное освещение помещений в зимний сезон как маркерный критерий оценки потенциального риска воздействия световой среды / А. Ю. Баслык [и др.] // Анализ риска здоровью — 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием: в 2 т. / под ред. А. Ю. Поповой, Н. В. Зайцевой. — Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. — Т. 1. — С. 567–573.
2. Влияние искусственной световой среды на поведенческие реакции белых крыс в эксперименте / А. Ю. Баслык [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: С. И. Сычик (гл. ред.), Г. Е. Косяченко (зам. гл. ред.) [и др.]. — Минск: Изд. центр БГУ, 2021. — Вып. 31. — С. 118–126.
3. Lighting R&D Opportunities. 2019 [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/01/f70/ssl-rd-opportunities2-jan2020.pdf>. — Date of access: 01.09.2023.
4. Visual opsins: Physiological alteration promoted by led light [Electronic resource]. — Mode of access: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666469023000040?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=80891f568d03abf6](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666469023000040?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=80891f568d03abf6). — Date of access: 04.09.2023.
5. Less is more? Effects of more vs. less electric light on alertness, mood, sleep and appraisals of light in an operational office [Electronic resource]. — Mode of access: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272494421000360?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=8089232048d6abff](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272494421000360?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=8089232048d6abff). — Date of access: 04.09.2023.

Поступила 04.10.2023

## ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО УТОМЛЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА

<sup>1,2</sup>Бухтияров И. В., д. м. н., профессор, академик РАН, [ivbukhtiyarov@mail.ru](mailto:ivbukhtiyarov@mail.ru),

<sup>1</sup>Зайцева А. В., [nnnnnuta@yandex.ru](mailto:nnnnnuta@yandex.ru),

<sup>1</sup>Сериков В. В., к. псих. н., [vasiliy\\_serikov@mail.ru](mailto:vasiliy_serikov@mail.ru),

<sup>1</sup>Юшкова О. И., д. м. н., профессор, [doktorolga@inbox.ru](mailto:doktorolga@inbox.ru),

<sup>1</sup>Капустина А. В., к. б. н., [ft-matuhin@mail.ru](mailto:ft-matuhin@mail.ru)

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия

Сохранение здоровья работающего населения является приоритетным направлением государственной политики в области трудовых отношений, охраны и медицины труда, профилактики профессиональной и производственно-обусловленной заболеваемости. Данный вопрос приобрел актуальность в условиях пандемии COVID-19, поскольку именно среди этой категории работников заболеваемость новой коронавирусной инфекцией связана с выполнением профессиональных обязанностей [1].

Среди многочисленных профессий, укрепляющих экономику нашего государства, труд медицинских работников имеет особо важное социальное значение, так как обеспечивает необходимые предпосылки для нормального и эффективного функционирования производственного процесса [2]. Трудовая деятельность медицинских работников связана с нагрузками на центральную нервную систему (далее — ЦНС) и зрительный анализатор, вегетативную активность регуляции сердечно-сосудистой системы; напряженность труда может возрастать при воздействии экстремальных условий пандемии COVID-19, что может привести к формированию утомления, переутомления, развитию производственно-обусловленных и профессиональных заболеваний.

Проблема функционального утомления организма человека при умственном труде и возможности перехода этого состояния в умственное и зрительное переутомление является весьма актуальной и в настоящее время. Известными физиологами труда [3, 4] еще в прошлом столетии был предложен способ качественной оценки рабочего функционального состояния организма человека при воздействии факторов трудового процесса, основанный на результатах физиологических исследований. Анализ отечественных и проведенных за рубежом исследований позволяет прийти к выводу, что подход, обеспечивающий количественное определение стадий последовательного перехода функционального состояния от утомления к переутомлению и снижение трудоемкости оценки функционального утомления организма человека в любых производственных условиях, не разработан.

Цель исследования: обосновать методику физиологической оценки функционального утомления медицинских работников при различной трудовой деятельности (в детской реанимации, хирургии, ковидном госпитале) для определения продолжительности периодов работы в условиях пандемии.

Методы исследований включают определение основных показателей функционального состояния организма трех профессиональных групп медицинских работников (хирурги, медицинские сестры детской реанимации, медицинский персонал ковидного госпиталя). На 1-м этапе в начале, середине и конце смены обследованы хирурги в возрасте  $39,86 \pm 1,74$  года со стажем  $15,28 \pm 1,85$  года, медсестры в возрасте  $28,0 \pm 0,29$  года со стажем  $5,17 \pm 0,56$  года. На втором этапе на протяжении 6 месяцев (до и после пребывания в «красной зоне») обследован медицинский персонал ковидного госпиталя в возрасте  $31,09 \pm 1,76$  года со стажем работы  $9,32 \pm 1,57$  года (контрольная группа — 35 человек аналогичного возраста и стажа). Всего обследовано 130 человек, проведено 1194 замера психофизиологических показателей.

Оценка состояния сердечно-сосудистой системы включает использование функциональных нагрузок (далее — ФН) с одновременной регистрацией показателей ЭКГ (12-канальный электрокардиограф и непрерывно с помощью холтеровского мониторирования). Оценивается длительность интервалов (сек), вольтаж зубцов (мВ), частота сердечных сокращений (уд/мин), рассчитывается коэффициент выносливости по формуле Кваса и вегетативный индекс Кердо. Оценка особенностей

нейрогуморальной регуляции у медицинских работников ковидного госпиталя проведена по содержанию основного медиатора стресс-реализующей системы — кортизола в крови медработников.

Для оценки ЦНС использованы характеристики эффективности, надежности, стабильности ведущих функций (внимание, мнестическая деятельность, скорость восприятия и переработки информации), для определения функционального состояния зрительного анализатора — время восприятия последовательного контраста (далее — ВВПК). Исследованы психологические показатели по методике ДОРС, тестам Спилбергера, депрессии Зунга. Оценка силы и выносливости (время удержания 70 % максимальной произвольной силы) мышц рук выводилась по результатам динамометрических исследований, рассчитывался показатель максимальной мышечной работоспособности. Комплексные физиолого-гигиенические исследования включают профессиографический анализ трудовой деятельности медицинских работников с определением степени напряженности (далее — НТ) и тяжести труда.

Проведенное на 1-м этапе изучение структуры деятельности работников показывает, что детские хирурги работают по 8 часов в дневную смену и 24 часа во время суточных дежурств. По 8 и 16 часов в смену, включая ночные часы суток, работают медицинские сестры детской реанимации. У хирургов по показателю «наблюдение за экранами видеотерминалов» общее время работы с дисплеем составляет 6 часов (класс НТ 3.2), у медицинских сестер — 3,5 часа (класс НТ 3.1), у медицинского персонала ковидного госпиталя — 5 часов 20 минут времени использования экрана дисплея (класс НТ 3.2). При изучении функционального состояния зрительного анализатора у хирургов ухудшение функции наблюдается уже через 4 часа работы и нарастает к концу смены, у медицинских сестер снижение показателя ВВПК отмечается к концу смены и статистически незначимо, т. е. время наступления неблагоприятных изменений функции зрения зависит от степени зрительной напряженности труда. Глубина изменений зрительной функции также обусловлена степенью нервно-эмоционального напряжения. Этот факт подтверждается величиной снижения ВВПК к концу рабочей смены у работников различных профессиональных групп: у медицинских сестер — на 22,1 %, у хирургов — на 37,9 % от исходного уровня.

Определены физиологические показатели, которые могут быть использованы для оценки функционального состояния хирургов детской реанимации. Установлены у хирургов стабильные показатели функций ЦНС (концентрация внимания и др.) на протяжении различных смен, учащение сердечных сокращений, особенно в моменты напряженных ситуаций, удлинение интервалов сердечного цикла (P-Q и Q-T), снижение вольтажа зубцов, особенно Т, ухудшение показателей ЭКГ на ФН (уменьшение на 50 % от исходной величины вольтажа зубца Т на ФН в часы пик в ночную смену, замедленное восстановление). Это указывает на способность хирургов поддерживать профессионально значимые функции ЦНС на устойчивом уровне. Выявлено по анализу сердечного ритма нарушение суточной периодики вегетативных функций: одинаково высокие показатели частоты сердечных сокращений (до 117–119 уд/мин) в дневные и ночные часы работы (с 16 часов до 8 утра).

У медицинских сестер наблюдается по результатам профессиографических исследований высокая загрузка рабочего времени (93,75 %), тяжесть трудового процесса, соответствующая вредному классу 3.2. Основные физические нагрузки у медицинских сестер приходятся на мышцы рук и плечевого пояса при проведении лечебных процедур и оперативных вмешательств, что явилось основанием для проведения динамометрических исследований. По результатам исследований наблюдается прогрессивное уменьшение выносливости мышц правой руки к концу работы, которое составляет 20,7 % ( $p \leq 0,05$ ), максимальной мышечной работоспособности — 27,7 % от исходной величины. Такую динамику динамометрических показателей Ю. В. Мойкин относил за счет интенсивной работы, приводящей к утомлению (переутомлению) нервно-мышечного аппарата.

Психофизиологические показатели у медицинских сестер включают повышенный относительно физиологической нормы уровень диастолического артериального давления по среднесменному значению ( $86,67 \pm 4,20$  мм рт. ст.) и по показателю в конце рабочей смены ( $105,67 \pm 17,96$  мм рт. ст.); повышенный уровень среднечастотного артериального давления ( $101,77 \pm 3,67$  мм рт. ст.); возрастание индекса функциональных изменений системы кровообращения в конце рабочей смены до  $3,12 \pm 0,32$  балла, что соответствует 3-й неблагоприятной категории классификации функциональных состояний.

Установлено, что у работников ковидного госпиталя во время 4-го месяца работы наблюдаются высокие значения частоты сердечных сокращений (до 101 уд/мин), величины диастолического и систолического артериального давления, превышающие физиологически нормируемые показатели, повышенные коэффициенты выносливости (показатели детренированности сердечно-

сосудистой системы), положительные значения вегетативного индекса Кердо (преобладание симпатических влияний), высокий, приближающийся к верхней границе нормы, уровень гормона кортизола ( $504,09 \pm 16,72$  нмоль/л против  $344,06 \pm 20,09$  у лиц контрольной группы,  $p \leq 0,000$ ), достоверная межсистемная корреляционная зависимость ( $r = 0,473$ ;  $p \leq 0,005$ ) между содержанием кортизола в крови и состоянием стресса (по методике ДОРС). Повышенный выброс кортизола у обследованного медицинского персонала указывает на возрастание активности симпатико-адреналовой системы [5] и является следствием отсутствия адаптации к экстремальной стрессовой ситуации COVID-19.

Определено при состоянии переутомления на фоне снижения трудовой нагрузки при работе более 6 месяцев у медицинского персонала постепенное снижение концентрации внимания, кратковременной (оперативной) памяти (до 20% от исходных значений), снижение скорости зрительно-моторной реакции, при этом в каждый последующий месяц показатели хуже, чем в предыдущий. Изменение показателей психологического состояния нашло отражение в повышенной распространенности высокой ситуационной тревожности (29,8% в группе COVID-19 против 7,1% в контрольной группе), формировании субдепрессивного состояния (11,2%), возрастании случаев легкой депрессии (65,0% против 22,1% в контрольной группе). Выявлено при работе более 6 месяцев снижение содержания кортизола до значения  $404,68$  нмоль/л против  $504,09 \pm 16,72$  нмоль/л во время 4-го месяца работы, что свидетельствует о формировании состояния переутомления. Развитие тревожных расстройств и увеличение когнитивных дисфункций подтверждают полученные результаты. Наблюдается возрастание числа внутрисистемных связей в 6-й месяц работы (состояние переутомления) по сравнению со 2-м месяцем работы (состояние напряжения), обусловленное рассинхронизацией течения физиологических процессов.

По уровню функционального состояния организма человека при нервно-эмоциональном и зрительно-напряженном труде определена степень функционального утомления (патент № РФ № 2750277 от 25 июня 2021 г.), которое соответствует у медицинских сестер и детских хирургов градации «переутомление 1-й степени», у медицинского персонала ковидного госпиталя — «переутомление 3-й степени», что требует разработки и внедрения мероприятий по оптимизации труда.

На основе обобщения материалов производственных психофизиологических исследований проанализированы особенности формирования переутомления у медицинских работников, определены показатели функционального состояния, которые могут быть использованы для обоснования физиологически обоснованных сроков работы в условиях пандемии (не более 4 месяцев) и оценки рисков нарушений здоровья у медицинского персонала.

По результатам исследований разработана методика физиологической оценки функционального состояния медицинского персонала ковидного госпиталя, предусматривающая длительность и кратность проведения психофизиологических исследований (в динамике 6 месяцев работы до и после пребывания в «красной зоне»). Научно обоснованы мероприятия по физиологической оптимизации труда, коррекции функционального состояния медицинских работников для профилактики переутомления, обусловленного повышенной напряженностью труда, сменным графиком, работой в экстремальных условиях ковидного госпиталя, с целью сохранения здоровья работников и продления трудового долголетия.

## Литература

1. Бухтияров, И. В. Эпидемиологические и клинико-экспертные проблемы профессиональной инфекционной заболеваемости работников при оказании медицинской помощи в условиях пандемии COVID-19 / И. В. Бухтияров // Медицина труда и промышленная экология. — 2021. — Т. 61, № 1. — С. 4–12.
2. Измеров, Н. Ф. Медицина труда. Введение в специальность: пособие для последипломной подготовки врачей / Н. Ф. Измеров, А. А. Каспаров. — М.: Медицина, 2002. — 392 с.
3. Розенблат, В. В. Проблема утомления / В. В. Розенблат. — М.: Медицина, 1975. — 240 с.
4. Психофизиологические основы профилактики перенапряжений / Ю. В. Мойкин [и др.]. — М.: Медицина, 1987. — 254 с.
5. Труд и здоровье / Н. Ф. Измеров [и др.]. — М.: Литтерра, 2014. — 414 с.

Поступила 01.09.2023

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ МАРКЕРОВ СИСТЕМНОГО ВОСПАЛЕНИЯ У СПОРТСМЕНОВ

<sup>1</sup>Вербилович М. В., *verbilovich95@mail.ru*,

<sup>2</sup>Мелик-Касумов Т. Б., к. б. н., *tigranbmk@gmail.com*,

<sup>1</sup>Саванович И. И., к. м. н., доцент, *irinakoleda@hotmail.com*

<sup>1</sup>Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное научное учреждение «Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

Хроническое системное воспаление — это типовой, мультисиндромный, патологический процесс, развивающийся при системном повреждении и характеризующийся тотальной воспалительной реактивностью эндотелиоцитов, плазменных и клеточных факторов крови, соединительной ткани, а на заключительных этапах — и микроциркуляторными расстройствами в жизненно важных органах и тканях [1].

Хроническое системное низкоинтенсивное воспаление (далее — ХСНВ) определяется как повышение уровня провоспалительных и противовоспалительных цитокинов в крови в 2–4 раза, в отличие от выраженного воспалительного процесса, при котором наблюдается повышение цитокинов в десятки и сотни раз. ХСНВ — это реакция иммунной системы на персистирующие повреждающие стимулы. Основными факторами, провоцирующими возникновение и персистирование воспаления, являются: 1) любые формы хронического стресса, включая психосоциальный стресс, 2) низкая физическая активность, гипокinezия, 3) высококалорийная диета с высоким содержанием насыщенных жирных кислот, рафинированных углеводов и висцеральное ожирение, 4) хронические бактериальные и вирусные инфекции, в том числе нарушения кишечной микробиоты и эндотоксемия, провоцируемые избытком жира в питании и хроническим стрессом [2].

Спортивные нагрузки относятся к категории высокоинтенсивных нагрузок, при которых достигается мощность 120–150 % и более от возрастной нормы, т. е. превышающих даже максимальную мощность. В условиях таких нагрузок изменяется работа всех систем и органов, в том числе иммунной системы. Параллельно снижаются адаптационные возможности атлета, переносимость нагрузок, скорость восстановительных реакций, спортивные результаты [3]. Чрезмерные нагрузки и неадекватное им питание могут приводить к развитию ХСНВ у спортсменов. Поэтому важно проводить исследования этого процесса у атлетов и оценивать информативность отдельных маркеров системного воспаления.

Среди большого количества маркеров, используемых для определения ХСНВ, выделяют антитела к глиадину (далее — AGA-IgG), высокочувствительный С-реактивный белок (далее — hs-CRP) и интерлейкин-1b (далее — IL-1b), которые при адекватном применении позволяют своевременно диагностировать развитие названного патологического состояния [1–3].

Глиадин появляется при ферментативном расщеплении глютена — белка группы проламинов, которые входят в состав оболочек зерен таких злаковых, как пшеница, овес, рожь. По неизвестной причине реакция иммунной системы на глиадин становится гиперэргической и сопровождается синтезом аутоантител к ферменту — тканевой трансглутаминазе. При этом поражается слизистый слой тонкого кишечника, что проявляется кишечной и внекишечной симптоматикой. Важно отметить, что целиакия встречается только при генотипах HLA-DQ2/8. Генетическая предрасположенность обуславливает способность HLA-DQ2/8 молекул антиген-презентирующих клеток более сильно связываться с дезаминированными пептидами глиадина [4]. Антитела к глиадину IgG — это иммуноглобулины класса G, вырабатываемые в организме предрасположенных лиц в ответ на попадание в кишечник глютена. Остается дискуссионным вопрос о непереносимости глютена средней тяжести, которая может наблюдаться у людей без отмеченных выше особенностей генотипа. Тем не менее, достаточно часто у практически здоровых людей безглютеновые диеты могут приводить к улучшению самочувствия, в особенности если определенные симптомы отмечались при подпороговых значениях AGA-IgG.

Одним из индикаторов протекания воспалительного процесса в организме является С-реактивный белок. В случае низкоинтенсивных воспалительных процессов наиболее информативным является такой показатель, как высокочувствительный С-реактивный белок. Определение концентрации hs-CRP позволяет определить наличие воспаления внеприменительно к локализации и количественно измерить его интенсивность [5]. hs-CRP — мультифункциональный белок острой

фазы, играющий важную роль при воспалениях, защите от чужеродных агентов и в аутоиммунных процессах.

Интерлейкины-1 представляют собой класс белков, продуцируемых множеством типов клеток, включая моноциты и некоторые макрофаги. Данный класс включает по меньшей мере два белка с молекулярной массой 17–18 килодальтон, известных как IL-1 и IL-1b. Эти белки оказывают важные физиологические воздействия на целый ряд различных целевых клеток, вовлеченных в воспалительные и иммунные реакции. Белки представляют собой митагены для Т-лимфоцитов, побуждая фибробласты и хондроциты секретировать латентную коллагеназу и повышая поверхностные адгезионные силы эндотелиальных клеток для нейтрофилов [3–5].

Кроме того, они воздействуют на гипоталамус как пирогены, они стимулируют катаболизм мышечного белка и заставляют гепатоциты синтезировать другие медиаторы острой фазы воспаления (IL-6, TNF- $\alpha$ ). Таким образом, IL-1b, очевидно, является важнейшей молекулой, участвующей в регуляции иммунных реакций как на локальном, так и на системном уровне [5].

Таким образом, целью настоящего исследования явилось изучение некоторых маркеров системного воспаления — антитела к глиадину (AGA-IgG), высокочувствительный С-реактивный белок (hs-CRP) и интерлейкин-1b (IL-1b) у спортсменов различной специализации в зависимости от пола и возраста.

В исследовании принял участие 81 спортсмен, посещавший ГУ «РНПЦ спорта» с целью планового обследования. Половой состав выборки: 29 юношей (35 %) и 53 девушки (65 %). Средний возраст составил  $21 \pm 6,9$  года. Все добровольцы перед проведением исследования были проинформированы о его целях и подписали информированное согласие на участие в нем.

Исследование маркеров системного воспаления проводили с помощью иммуноферментного анализа сыворотки крови добровольцев с использованием наборов ИФА-БЕСТ («Вектор-Бест», Россия) на анализаторе «Biosan HiPo MPP-96» (Латвия). Для показателей были использованы следующие референсные интервалы: AGA-IgG —  $< 35$  МЕ/мл, hs-CRP —  $< 1$  мг/л, IL-1b —  $< 4,9$  пг/мл.

Статистический анализ проводился в программе Statistica 10 с использованием непараметрических методов — критерия Манна — Уитни и расчета коэффициента корреляции Спирмена, так как данные по показателям распределялись ненормально ( $p < 0,01$ , критерий Шапиро — Уилка).

По результатам проведенного исследования у определенного числа испытуемых было выявлено превышение референсных (нормативных) значений по каждому из трех показателей. AGA-IgG превышал норму у 14,81 % добровольцев, hs-CRP — у 7,41 % добровольцев, IL-1b — у 16,05 % добровольцев. Превышения хотя бы по одному из показателей имели 28 % добровольцев. Таким образом, отмечается достаточно высокий удельный вес добровольцев с превышением по трем выбранным маркерам. Это может свидетельствовать о том, что значительная часть спортсменов подвержена ХСНВ и нуждается в регулярном контроле маркеров этого состояния при медицинском обследовании с целью снижения рисков для здоровья.

Анализ коэффициентов ранговой корреляции Спирмена между концентрациями AGA-IgG, hs-CRP и IL-1b не показал достоверной связи между ними. Учитывая описанные выше результаты о превышении показателей у отдельных спортсменов, можно заключить, что при отсутствии корреляции каждый из трех маркеров может иметь независимую от двух других диагностическую ценность. Другими словами, значения концентрации для каждого маркера при ХСНВ различного генеза могут существенно отличаться.

Отдельно проводился корреляционный анализ связи между возрастом и каждым из трех показателей. Установлено, что содержание в крови антител к глиадину находится в обратной корреляционной связи с возрастом спортсменов: коэффициент корреляции Спирмена составил  $-0,32$  (умеренная теснота связи) при  $p = 0,007$ . Таким образом, можно заключить, что с возрастом уровень антител к глиадину может снижаться. Для hs-CRP и IL-1b аналогичной связи не обнаружено.

На заключительном этапе анализа проводилось сравнение средних (медианных) значений показателей в зависимости от пола спортсменов. Было установлено, что в случае hs-CRP значения маркера ХСНВ у женщин существенно и достоверно превышают аналогичные значения у мужчин. Так, у мужчин показатель составил  $0,007$  ( $0,007$ ;  $0,009$ ) МЕ/мл, тогда как у женщин —  $0,33$  ( $0,1$ ;  $1,85$ ) МЕ/мл. Таким образом, данный показатель был существенно выше у спортсменок. Эти результаты должны учитываться при использовании высокочувствительного С-реактивного белка в качестве маркера низкоинтенсивного воспаления. В частности, у женщин он может быть значительно выше, что может быть связано с особенностями обмена веществ или гормонального баланса. Вместе с тем частое превышение показателя может свидетельствовать о том, что в случае спортсменок нарушение тренировочного процесса и питания может приводить к повышению этого показателя гораздо быстрее.

Результаты исследования указывают на то, что все три использованных в работе показателя могут быть использованы для оценки скрытого хронического низкоинтенсивного воспаления

у спортсменов. Это, во-первых, обосновывается тем, что для каждого из них у части обследованных спортсменов обнаружены превышения референсных значений. Во-вторых, отсутствие достоверной корреляции между ними может говорить о том, что каждый из них изменяется в значительной мере независимо от двух других, а значит может свидетельствовать о развитии низкоинтенсивного воспаления различной этиологии. Кроме того, в работе установлено, что содержание антител к глиадину находится в обратной зависимости от возраста, а содержание высокочувствительного С-реактивного белка в среднем существенно выше в крови у спортсменок, чем у спортсменов. Последние сведения важно учитывать при оценке индивидуального иммунного статуса спортсменов и при определении возможного развития хронического низкоинтенсивного системного воспаления.

## Литература

1. *Stamnaes, J. Celiac disease. Autoimmunity in response to food antigen / J. Stamnaes, L. M. Sollid // Semin. Immunol. — 2015. — Vol. 27, № 5. — P. 343–352.*
2. *Deamidated Gliadin Peptides Form Epitopes That Transglutaminase Antibodies Recognize / I. R. Korponay-Szabo [et al.] // J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr. — 2008. — Vol. 46, № 3. — P. 253–261.*
3. *The role of inflammatory markers hs-CRP, sialic acid, and IL-6 in the pathogenesis of preeclampsia and intrauterine growth restriction / A. E. Kara [et al.] // Eur. Cytokine Netw. — 2019. — Vol. 30, № 1. — P. 29–33.*
4. *High sensitivity C-reactive protein (Hs-CRP) remains highly stable in long-term archived human serum / A. P. Doumatey [et al.] // Clin. Biochem. — 2014. — Vol. 47, № 4–5. — P. 315–318.*
5. *Насонов, Е. Л. Роль интерлейкина 1 в развитии заболеваний человека / Е. Л. Насонов, М. С. Елисеев // Науч.-практ. ревматология. — 2016. — Т. 54, № 1. — С. 60–77.*

Поступила 22.09.2023

## СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

*Галлямова С. А., lana.gallyamova@mail.ru,  
Ваганова Д. М., kon-pol-otd@mail.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия

Электроэнцефалография (далее — ЭЭГ) — метод исследования головного мозга с помощью регистрации разности электрических потенциалов, возникающих в процессе его жизнедеятельности. Наличие регулярной ритмики на ЭЭГ свидетельствует, что нейроны синхронизируют свою активность. В норме эта синхронизация определяется главным образом ритмической активностью пейсмейкеров (водителей ритма) неспецифических ядер таламуса и их таламокортикальных проекций. Уровень функциональной активности определяется неспецифическими срединными структурами (ретикулярной формацией ствола и переднего мозга) [4].

При работе на сельскохозяйственной технике трактористы-машинисты подвергаются ряду профессиональных рисков для здоровья: повышенные уровни шума и вибрации, пыль (органическая и минеральная), выхлопные газы, микроклиматический дискомфорт в кабинах, физические и эмоциональные перегрузки [1, 2]. Основными неблагоприятными факторами условий труда трактористов остаются шум и вибрация. В числе многообразных проявлений неблагоприятного воздействия шума в сочетании с вибрацией на организм человека выделяют симптомокомплекс, сопровождающийся изменением функционального состояния центральной нервной системы, лимбической области и вегетативных функций [3]. Функциональное состояние лимбико-ретикулярного комплекса играет важнейшую роль в формировании стрессоустойчивости или стрессозависимости. Основа стресса — это напряжение гипоталамо-гипофизарной системы. Стресс вызывает мощный выброс кортизола, что приводит к повышенному синтезу инсулина, который снижает уровень глюкозы в крови. Снижается выработка нейротрофического фактора, развивается гиперхолестеринемия, напряженность в системе симпатической нервной системы, что приводит к клиническим проявлениям.

В соответствии с поставленной целью проводилось изучение состояния здоровья 62 трактористов, проходивших обследование в консультативно-поликлиническом отделении клиники ФБУН



«Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека». Все обследуемые — лица мужского пола и трудоспособного возраста 28–60 лет. Средний возраст на момент обследования составил  $50,5 \pm 6,2$  года. Средний стаж работы —  $17,4 \pm 5,4$  года. Среди обследованных лица моложе 39 лет составили 11,2 %, 40–49 лет — 22,6 %, 50–60 лет — 66,2 %. Клиническое обследование пациентов включало оценку неврологического статуса и вегетативных расстройств. При этом использовался стандартный неврологический осмотр. Статистическая обработка результатов проведена с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel и Statistica.

Для исследования состояния корковой ритмики надсегментарного отдела вегетативной нервной системы использовалась ЭЭГ. Регистрация проводилась с помощью 20-канального электроэнцефалографического комплекса «МБН-20», Россия. Electroды располагались на поверхности головы в соответствии с международной системой 10–20.

Обследованные предъявляли жалобы на головные боли, головокружение, нарушения сна, снижение памяти и работоспособности, быструю утомляемость, шум в голове и ушах.

При клиническом обследовании в неврологическом статусе выявлены: недостаточность конвергенции в 54,8 % (34), склеральное кольцо роговицы в 16,1 % (10), сглаженность носогубной складки в 45,2 % (28), оживление аксиальных рефлексов в 32,3 % (20), вестибулярно-мозжечковая дисфункция в 35,5 % (22) случаев. Сухожильные рефлексы с конечностей были оживлены в 22,6 % (14), снижены в 25,8 % (16), средней живости — в 51,6 % (32) случаев.

Расстройство вегетативной регуляции обнаружено в 54,8 % (34) случаев, из них акроцианоз в 22,5 % (14), акрогипергидроз в 32,3 % (20) случаев. Красный стойкий дермографизм выявлен в 66,1 % (41) случаев.

по результатам анализа биоэлектрической активности (в состоянии покоя) в зависимости от выраженности альфа-ритма все испытуемые по величине альфа-индекса были подразделены на 3 группы.

К 1-й группе отнесены 23 человека, на ЭЭГ которых регистрировался альфа-ритм средней выраженности, а альфа-индекс находился в пределах от 30 до 70 % и в среднем составлял 58 %.

По характеру спектра мощности биоэлектрической активности в этой группе был характерен нормальный тип ЭЭГ, который был представлен мономодальным альфа-ритмом в диапазоне от 9,0–11,5 Гц, с доминирующим пиком 10,5 Гц. У этой группы выявлен высокий уровень когерентности по альфа-ритму в теменно-затылочных областях по внутриполушарным парам, сильные прямые и обратные связи — по межполушарным парам.

2-ю группу составили 22 человека, ЭЭГ которых характеризовались ослабленной, редуцированной альфа-активностью с величиной альфа-индекса не более 30 % и средним значением его 25,5 %. На спектрограммах этой группы доминирующий пик альфа-диапазона не выделялся. Наиболее характерными компонентами ЭЭГ лиц данной группы являлись низкоамплитудные медленные волны, нерегулярный бета-ритм, а также быстрые асинхронные колебания, заостренные волны. Преобладающая амплитуда корковой ритмики была очень низкой, свидетельствующей об усилении активирующих влияний на метаболизм корковых нейронов со стороны ретикулярной формации ствола, что позволяет отнести этот тип ЭЭГ к активированному или плоскому. В структуре межзональных взаимодействий отмечались наличие сильных межполушарных связей между одноименными областями коры больших полушарий и полное отсутствие внутриполушарных взаимосвязей.

В 3-ю группу вошло 17 человек, у которых были зарегистрированы ЭЭГ с высоким уровнем альфа-ритма (альфа-индекс во всех случаях выше 80 %, средняя величина альфа-индекса — 90,5 %). По данным спектрального анализа ЭЭГ в 3-й группе выделен полимодальный альфа-ритм 8,0–11,5 Гц с доминирующими пиками на 9,0 и 10,8 Гц. В половине случаев наблюдались билатерально-синхронные вспышки в диапазоне альфа- и тета-ритмов. Амплитуда этих вспышек чаще преобладала в лобных и центральных областях. Можно охарактеризовать данный тип ЭЭГ как синхронизированный. когерентный анализ выявил избыточный уровень интеграции в теменно-височных областях при снижении теменно-затылочных и лобно-височных отношений по внутриполушарным парам и сохранении сильных прямых и обратных связей по межполушарным парам.

Результаты наших исследований показали, что шум и вибрация оказывают комплексное воздействие на организм обследованных. У пациентов появляются нарушения сна, памяти, внимания. Вегетативный статус сдвигается в сторону симпатикотонии в 22,5 % случаев, ваготонии — в 32,3 % случаев. Биоэлектрическая активность мозга у обследованных работников сельского хозяйства сопровождается изменением не только амплитудно-частотных параметров ЭЭГ, спектров плотности мощности мозга, но и характером межзональных взаимосвязей.

Таким образом, вредные производственные факторы на рабочих местах трактористов влияют на деятельность головного мозга, вызывая появление органической микросимптоматики: недо-

статочность конвергенции, оживление аксиальных рефлексов, вестибулярно-мозжечковая дисфункция и оживление глубоких и периостальных рефлексов. Напряжение лимбико-гипоталамо-ретикулярного комплекса вызывает появление вегетативных нарушений в виде акроцианоза, акрогипергидроза, красного стойкого дермографизма.

Электронцефалографическое исследование, характеризующее функциональное состояние ретикулярной формации и ряда структур лимбического круга, выявляет у большинства обследованных работников нарушение биоэлектрической активности мозга и смещение моды альфа-ритма с частотой 10 Гц в сторону низких и высоких частот альфа-диапазона, свидетельствующее о сдвиге гомеостатического регулирования. Следовательно, функциональные нарушения центральной нервной системы у работников сельского хозяйства в большинстве случаев (71,6%) обусловлены дезорганизацией корково-подкорковых взаимоотношений с усилением активации гипоталамомезодиэнцефальных структур, что клинически проявляется в виде вегетативно-сосудистых расстройств.

## Литература

1. Анализ профессиональной заболеваемости работников агропромышленного комплекса Республики Башкортостан и меры ее профилактики / Э. Т. Валеева [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. — 2015. — № 2. — С. 20–22.

2. Ваганова, Д. М. Условия формирования и варианты течения основных клинических синдромов профессиональной вертеброгенной пояснично-крестцовой патологии у трактористов / Д. М. Ваганова, А. Б. Бакиров // Здоровье населения и среда обитания. — 2017. — № 1. — С. 20–22.

3. Церебральные гемодинамические нарушения у работников «шумовых» профессий, занятых добычей полезных ископаемых / А. Д. Волгарева [и др.] // Санитарный врач. — 2018. — № 11. — С. 43–49.

4. Неврология: национальное руководство / под ред. Е. И. Гусева [и др.]. — М.: ГЭОТАР- Медиа, 2010. — 1040 с.

Поступила 22.09.2023

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ У РАБОТНИКОВ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД В ПОСТКОВИДНОМ ПЕРИОДЕ

<sup>1</sup>Герасимиди С. К., *gerasimidi.sk@irioh.ru*,

<sup>1</sup>Глухов Д. В., д. м. н., *d.gluhov@irioh.ru*,

<sup>2</sup>Санрыкина П. Д., *doctorspd@mail.ru*

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Государственное бюджетное учреждение Республики Саха (Якутия) «Нерюнгринская центральная районная больница», г. Нерюнгри, Россия

Официально Всемирная организация здравоохранения (далее — ВОЗ) объявила об окончании пандемии новой коронавирусной инфекции (далее — НКВИ) [1], но неблагоприятные последствия для здоровья населения остаются. Особенно это касается лиц, имеющих факторы риска (далее — ФР) и установленные неинфекционные хронические заболевания [2]. Известно, что основной мишенью НКВИ в большей мере является респираторная система, однако сердечно-сосудистая система (далее — ССС) не менее уязвима [3].

Работники локомотивных бригад (далее — РЛБ) подвергаются комплексному воздействию факторов производственной среды: шум, вибрация, а также длительное пребывание в малочисленном экипаже, частая смена временных и климатических поясов, нарушение режима труда и отдыха, монотонность труда. Условия труда на рабочем месте РЛБ по Руководству Р-2.2.2006-05 соответствуют классу 3.2 [4]. Специалисты данной группы в своей трудовой деятельности испытывают сильный психоэмоциональный стресс, что существенно отражается на ССС и без последствий инфекционных заболеваний. Машинисты нередко имеют ФР, такие как курение, избыточная масса тела, повышенное артериальное давление (далее — АД). На данный момент достаточно литературных данных,

отражающих влияние на состояние здоровья населения ФР и особенностей течения НКВИ, которые объективно могут быть оценены функциональными методами диагностики [5].

Целью исследования являлась оценка эхокардиографической картины РЛБ в постковидном периоде в зависимости от тяжести течения НКВИ.

В исследование включено 16 машинистов мужского пола в возрасте  $44,5 \pm 3,6$  года Центрального Федерального округа, перенесших НКВИ в I и II квартале 2022 г. НКВИ подтверждена более полугода назад до проведения настоящего исследования методом полимеразной цепной реакции. Работники имеют примерно одинаковые показатели роста и массы тела, ФР в анамнезе (курение, избыточная масса тела, повышенное АД). Работники разделены на 2 группы:

1-я группа — работники, перенесшие тяжелую форму НКВИ;

2-я группа — работники, перенесшие легкую форму НКВИ.

У каждого работника анализировались результаты эхокардиографических исследований, выполненные до заболевания НКВИ (архивные записи врачебной экспертной комиссии) и спустя 9–12 месяцев после закрытия случая НКВИ. Эхокардиография проводилась по стандартной методике с использованием аппаратов для ультразвуковой диагностики «Logiq P6», «Philips ClearVue 500» по общепринятому протоколу в В-режиме, М-режиме, режимах импульсного и постоянного доплера, цветового доплеровского картирования с оценкой размеров полостей внутрисердечной гемодинамики, с определением толщины межжелудочковой перегородки (далее — МЖП), конечного диастолического размера (далее — КДР), конечного систолического размера (далее — КСР), фракции выброса левого желудочка (далее — ФВ ЛЖ), ударного объема (далее — УО), диастолической функции левого желудочка (далее — ДФ ЛЖ). Дополнительно были изучены амбулаторные карты работников, анализировались данные АД — систолическое (далее — АДс), диастолическое (далее — АДд) и частоты сердечных сокращений (далее — ЧСС).

Статистический анализ проводился с помощью Microsoft Excel, IBM SPSS Statistics 20. Для определения нормальности распределения использован критерий Шапиро — Уилка. Для показателей, распределение которых отклонялось от нормального, использовался критерий Вилкоксона. Для остальных показателей использовался t-критерий для зависимых выборок. Для сравнения величины изменения показателей в исследуемых группах были использованы критерии Манна — Уитни и t-критерий для независимых выборок соответственно. Данное исследование одобрено этическим комитетом ФГБНУ «НИИ медицины труда им. академика Н. Ф. Измерова».

По результатам исследований средний индекс массы тела работников 1-й группы составил  $32,7 \pm 1,8$  кг/м<sup>2</sup>, при средних показателях роста —  $176,7 \pm 2,4$  см, веса —  $102,4 \pm 4,2$  кг. Индекс массы тела работников 2-й группы составил  $32,6 \pm 2,2$  кг/м<sup>2</sup>, при средних показателях роста —  $178,7 \pm 2,2$  см и веса —  $103,6 \pm 5,7$  кг.

У работников, переболевших НКВИ тяжелого течения с ФР, имеются статистически значимые различия в показателях до заболевания и после, незначительное увеличение: толщины МЖП  $8,2 \pm 1,0$  мм — до,  $10,1 \pm 0,9$  мм — после,  $z = 2,714$ ;  $p = 0,007$ ; линейных размеров ЛЖ: КДР  $t(7) = 13,229$ ;  $p = 0,000$ ; КСР  $t(7) = 9,979$ ;  $p = 0,000$ , с сохранной ФВ ЛЖ ( $> 60\%$  по Тейхольтцу) (таблица 1).

Таблица 1 — Эхокардиографические данные работников локомотивных бригад

Параметр, единица измерения	1-я группа, тяжелое течение (n = 8)		2-я группа, легкое течение (n = 8)	
	до НКВИ	после НКВИ	до НКВИ	после НКВИ
МЖП, мм	$8,2 \pm 1,0$	$10,1 \pm 0,9$	$7,7 \pm 0,7$	$8,5 \pm 0,5$
КДР, мм	$50,7 \pm 1,2$	$53,2 \pm 1,1$	$48,8 \pm 0,9$	$50,9 \pm 1,8$
КСР, мм	$30,9 \pm 1,6$	$33,5 \pm 1,4$	$31,1 \pm 2,0$	$32,1 \pm 1,8$
ФВ ЛЖ, % (по Тейхольтцу)	$> 60\%$	$> 60\%$	$> 60\%$	$> 60\%$
УО, мл	$< 100$	$< 100$	$< 100$	$< 100$
ДФ ЛЖ	E > A	A > E	E > A	E > A

При анализе ДФ ЛЖ до заболевания не нарушена (E > A), после заболевания отмечается нарушение ДФ ЛЖ по 1-му типу (A > E). У работников 1-й группы также отмечалось статистически значимое увеличение ЧСС, составившее  $78,6 \pm 3,5$  уд/мин до заболевания, против  $89,1 \pm 2,4$  уд/мин — после заболевания  $t(7) = 18,221$ ;  $p = 0,000$ . Анализ исходных показателей АД указывает на незначитель-

ное повышение цифр, однако в постковидном периоде показатели АДс увеличены:  $t(7) = 6,523$ ;  $p = 0,000$  (таблица 2).

Таблица 2 — Показатели ЧСС, АД у работников локомотивных бригад

Параметр, единица измерения	1-я группа, тяжелое течение (n = 8)		2-я группа, легкое течение (n = 8)	
	до НКВИ	после НКВИ	до НКВИ	после НКВИ
ЧСС, уд/мин	78,6 ± 3,5	89,7 ± 2,4	67,8 ± 2,6	70,1 ± 2,2
АДс, мм рт. ст.	137,4 ± 3,3	149,4 ± 3,2	131,7 ± 2,6	139,9 ± 2,5
АДд, мм рт. ст.	83,7 ± 1,5	92,7 ± 2,1	82,5 ± 1,8	89,4 ± 2,7

При указанных показателях роста, веса у работников 1-й группы после перенесенной НКВИ отмечалось повышение ЧСС, незначительные увеличения толщины МЖП, линейных размеров полости ЛЖ по сравнению с показателями до заболевания, а также формирование диастолической дисфункции ЛЖ по 1-му типу, что может быть обусловлено повышенным АД.

У работников 2-й группы, имеющих в анамнезе такие же ФР, переболевших легким течением НКВИ в амбулаторных условиях, статистически значимые различия до и после заболевания отмечались в толщине МЖП  $t(7) = 4,583$ ;  $p = 0,003$ ; КДР  $t(7) = 3,528$ ;  $p = 0,010$ . В значении КСР статистически значимых различий нет ( $p > 0,05$ ). При этом ФВ ЛЖ ( $> 60\%$  по Тейхольтцу) сохранна, однако без формирования диастолической дисфункции ЛЖ. У работников данной группы отмечались повышенные значения ЧСС: до  $70,1 \pm 2,2$  уд/мин — после заболевания, против  $67,8 \pm 2,6$  уд/мин — до заболевания;  $t(7) = 9,000$ ;  $p = 0,000$ . При анализе показателей АД, так же как и у работников 1-й группы, отмечено статистически значимое повышение значений АДс  $t(7) = 6,523$ ;  $p = 0,000$  и АДд  $t(7) = 8,047$ ;  $p = 0,000$ .

Таким образом, при сравнении показателей 1-й и 2-й групп в постковидном периоде выявлено:

- толщина МЖП в 1-й группе увеличилась на  $1,9 \pm 0,4$  мм, во 2-й группе —  $0,8 \pm 0,5$  мм;
- линейные размеры ЛЖ: КДР —  $53,2 \pm 1,1$  мм,  $50,9 \pm 1,8$  мм;  $p > 0,05$ ; КСР —  $31,1 \pm 2,0$  мм,  $32,1 \pm 1,8$  мм;  $t(14) = 2,728$ ;  $p = 0,016$ , при сохранной систолической функции в обеих группах (ФВ  $> 60\%$  по Тейхольтцу);
- ЧСС —  $89,7 \pm 2,4$  уд/мин и  $70,1 \pm 2,2$  уд/мин;  $t(9,283) = 13,452$ ;  $p = 0,000$ ;
- АДс —  $149,4 \pm 3,2$  мм рт. ст. и  $139,9 \pm 2,5$  мм рт. ст.;  $t(14) = 2,443$ ;  $p = 0,028$ ; АДд —  $92,7 \pm 2,1$  мм рт. ст. и  $89,4 \pm 2,7$  мм рт. ст.,  $p > 0,05$ ;
- формирование диастолической дисфункции ЛЖ у работников 1-й группы.

Можно отметить, что изменения со стороны ССС в постковидном периоде зависят от тяжести течения НКВИ, а наличие факторов риска (повышенное АД, курение, избыточная масса тела) способно утяжелять развитие осложнений. Исследованием установлено, что при легком течении заболевания выявлены только функциональные изменения (ЧСС, АД), а при тяжелом течении — структурные изменения (начальные проявления ремоделирования миокарда ЛЖ, формирование диастолической дисфункции) и функциональные изменения. При этом отмечено, что глобальная систолическая функция сердца у работников обеих групп сохранена.

Работники, перенесшие НКВИ как в условиях стационара (при тяжелом течении), так и на амбулаторном этапе (при легком течении), нуждаются в более тщательном наблюдении специалистами терапевтического и диагностического профиля с целью контроля и предотвращения развития новых кардиоваскулярных нарушений.

## Литература

1. Брифинг генерального директора ВОЗ Тедроса Гебрейесуса об официальной отмене пандемии COVID-19 — [<https://www.youtube.com/watch?v=B0oBevft4bs>], —Женева, —дата обращения: 05.05.2023.
2. Идрисова, Г. Б. Постковидный синдром: функциональное состояние и медицинская активность пациентов, перенесших COVID-19 [Электронный ресурс] / Г. Б. Идрисова, А. Ш. Галикеева, А. Ш. Валиев // Социальные аспекты здоровья населения. — 2022. — № 6. — Режим доступа: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/1429/30/lang, ru/>. — Дата доступа: 05.05.2023.
3. Клинические проявления постковидного синдрома / Н. С. Асфандиярова [и др.] // РМЖ. Медицинское обозрение. — 2022. — Т. 6, № 11. — С. 612–617.

4. Анализ причин внезапной смерти среди работников железных дорог Российской Федерации / Е. А. Жидкова [и др.] // Рос. медико-биол. вестн. им. академ. И. П. Павлова. — 2022. — Т. 30, № 4. — С. 497–506.

5. Результаты отдаленного обследования пациентов после COVID-19 / Н. А. Карчевская [и др.] // Терапевт. архив. — 2022. — Т. 94, № 3. — С. 378–388.

Поступила 06.09.2023

## **ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У РАБОТНИКОВ ПРИ ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

*Головкова Н. П., д. м. н., [golovkova@irioh.ru](mailto:golovkova@irioh.ru),*

*Лескина Л. М., д. м. н., [leskina@irioh.ru](mailto:leskina@irioh.ru),*

*Толмачев Д. А., к. м. н., [tolmachev@irioh.ru](mailto:tolmachev@irioh.ru),*

*Варакута И. С., [varakuta@irioh.ru](mailto:varakuta@irioh.ru)*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Заболевания сердечно-сосудистой системы получили широкое распространение среди работников различных отраслей экономики, что обусловлено не только наследственной предрасположенностью, но и влиянием различных факторов риска. К основным факторам риска развития данного класса заболеваний традиционно относят курение, ожирение, дислипидемию, нарушение углеводного обмена, стресс. Значительный вклад в распространение сердечно-сосудистых заболеваний вносят и неблагоприятные условия труда.

Многочисленные исследования показали, что условия труда работников при добыче полезных ископаемых остаются вредными и опасными и характеризуются воздействием комплекса неблагоприятных факторов производственной среды и трудового процесса, которые могут оказывать влияние на функциональное состояние организма работающих, их здоровье и работоспособность.

В проведенном исследовании были изучены условия труда при добыче угля подземным способом (шахты) и руд — открытым способом (карьеры).

По данным Федеральной службы государственной статистики, среди работников, занятых во вредных и опасных условиях труда с классом 3.1 и выше, наибольший удельный вес составляют работники, занятые на добыче угля, — 79,2% [1].

Вредные факторы условий труда при подземной добыче угля можно разделить на две группы: факторы, которые обусловлены технологическим процессом добычи угля и могут в значительной мере регламентироваться; факторы, которые неустранимы, такие как отсутствие естественного освещения, повышенное атмосферное давление на глубине шахты и резкие его перепады при спуске и подъеме, ослабленное геомагнитное поле, ограниченное и замкнутое пространство. Их нельзя изменить, они действуют на всех работников, но не учитываются при специальной оценке условий труда.

Одним из наиболее значимых факторов риска является физическая нагрузка, связанная с характером работы по добыче угля подземным способом. Работники проводят большую часть рабочего времени в условиях повышенной физической активности. Перемещение по шахте, подъем и спуск, перенос тяжестей, неудобная рабочая поза, а также выполнение других физически интенсивных задач требуют значительных усилий. Это может привести к перегрузкам сердечно-сосудистой системы и повышенному риску развития сердечно-сосудистых заболеваний у работников.

Другим фактором риска является воздействие различных химических веществ, которые могут поступать в воздушную среду при добыче угля. Угольная пыль — один из значительных факторов загрязнения воздуха в шахтных условиях. Доказано, что вдыхание угольной пыли оказывает неблагоприятное воздействие на органы дыхания и, за счет формируемой дыхательной недостаточности, на сердечно-сосудистую систему. Помимо угольной пыли дым и дымовые газы, такие как окись углерода и сернистый ангидрид, также могут негативно влиять на сердечную функцию и способствовать развитию сердечно-сосудистых заболеваний.

Шум и вибрация также относятся к факторам риска для сердечно-сосудистой системы работников, занятых добычей угля. Шахтные условия характеризуются высоким уровнем шума работающего оборудования, в том числе дробилок, конвейеров и пневмоинструмента. Постоянная экспозиция к такому шуму может привести к снижению слуха и нарушениям со стороны сердечно-

сосудистой системы. Длительное воздействие вибрации, вызванных работой механизмов и оборудования, также может оказывать негативное влияние на сердечно-сосудистую систему и повышать риск развития сердечно-сосудистых заболеваний.

Хронический психоэмоциональный стресс является одним из дополнительных факторов риска для сердечно-сосудистых заболеваний у работников, занятых на подземной добыче угля. Перманентная опасность, напряженный ритм работы, ощущение изоляции под землей, повышенная травмоопасность, непростой доступ к медицинской помощи могут способствовать психоэмоциональному напряжению у работников. Длительный стресс влияет на сердечно-сосудистую систему, повышая риск развития сердечно-сосудистых заболеваний.

Выявляемость сердечно-сосудистых заболеваний на предприятиях добычи угля за последние четыре года составила на 10000 работников: 2019 г. — 8,4; 2020 г. — 5,8; 2021 г. — 5,4; 2022 г. — 7,5. Наблюдается тенденция к снижению количества выявленных случаев сердечно-сосудистых заболеваний на предприятии, однако данный факт можно связать с тем, что существенное влияние оказали ограничительные санитарно-эпидемиологические мероприятия в связи с распространением новой коронавирусной инфекции Covid-19. При этом смертность на рабочем месте от естественных причин составила на 10000 работников; в 2019 г. — 2,4; в 2020 г. — 1,0; в 2021 г. — 1,3; в 2022 г. — 1,6.

Для предотвращения развития сердечно-сосудистых заболеваний у работников при добыче угля подземным способом необходимо применять меры по контролю и предотвращению факторов риска. Важно обеспечить правильное организационное ведение работы, чтобы минимизировать физическую нагрузку на работников. Необходимы проведение регулярных медицинских обследований и ежедневный мониторинг состояния здоровья, направленные на раннее выявление и лечение сердечно-сосудистой патологии. Предоставление информации об опасностях, обучение приемам безопасной работы, а также соблюдение гигиенических требований и требований по охране труда для предотвращения воздействия химических веществ, шума и вибрации являются также важными мерами для снижения риска сердечно-сосудистых заболеваний. Не менее важным является эффективное управление стрессом у работников и обеспечение условий работы, способствующих психологическому комфорту.

Комплексные гигиенические исследования по оценке факторов производственной среды и трудового процесса, выполненные на предприятиях открытой добычи руд, показали, что условия труда в основных профессиях по степени вредности и опасности и по выраженности действия отдельных факторов производственной среды относятся к «вредному» 3 классу. Но с учетом комбинированного и сочетанного действия комплекса производственных факторов общая оценка условий труда для работников основных профессий соответствует 3 классу 2–4 степени, что определяет высокий уровень профессионального риска нарушения их здоровья [2–4].

Механизация всех основных производственных процессов при открытом способе добычи руд позволяет обеспечить высокую производительность и снизить уровни неблагоприятных производственных факторов на рабочих местах.

Работники карьеров, осуществляющие бурение, погрузку, транспортировку руды, выполняют производственные операции в кабинах машин (машинисты экскаваторов, водители карьерных автосамосвалов, машинисты бульдозеров, машинисты буровых установок). Условия труда на рабочих местах определяются благоустройством кабины (эффективная работа кондиционеров, герметичность и шумоизоляция).

Исследования показали, что работники этих профессий подвергаются постоянному воздействию минеральной пыли в концентрациях от 1,7 до 10 мг/м<sup>3</sup> (класс 3.1–3.2), повышенных уровней шума, вибрации (общей и локальной) (класс 2–3.3), неблагоприятного микроклимата на фоне тяжелого физического труда.

Машинисты управляют горными машинами, сидя в специальных креслах. Продолжительность рабочей смены составляет от 8 до 12 часов, и, как правило, обеденный перерыв строго определен и прием принесенной с собой пищи происходит на рабочем месте. Рабочий график посменный. Тяжесть и напряженность трудового процесса оцениваются как 3 класс 1-й и 2-й степени.

По результатам гигиенических исследований были сформированы две производственно-профессиональные группы. В 1-ю группу вошли работники основных профессий при открытой добыче руд (машинисты экскаваторов, водители карьерных автосамосвалов, машинисты бульдозеров, машинисты буровых установок). Во 2-ю объединены работники, занятые ремонтно-восстановительными работами (слесари, электрослесари, автомеханики, автозаправщики, машинисты конвейера, взрывники, водители автогрейдера, монтажники санитарно-технических систем и оборудования, монтеры путей), а также работники по организации производственных операций в карьере (мастера, начальники участков, смен). В 3-ю (контрольную) группу объединены инженерно-технические сотрудники,

работники вспомогательных профессий (замерщики, маркшейдеры, геологи, ведущие специалисты по разделам). Рабочие этой группы не подвергаются постоянному воздействию неблагоприятных факторов производственной среды и трудового процесса и имеют ограниченный контакт с ними в течение рабочей смены.

Для оценки профессионального риска нарушения здоровья работников было выполнено поперечное эпидемиологическое исследование, в ходе которого в качестве критериев использовались показатели распространенности и относительного риска развития хронических общесоматических заболеваний работников.

В структуре хронических общесоматических заболеваний работников карьеров первые места приходятся на болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушение обмена веществ — 35,0%; болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани — 26,6%; болезни системы кровообращения — 24,6%.

Распространенность хронических заболеваний эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ достоверно ( $p < 0,05$ ) выше среди работников 1-й группы и составляет  $34,4 \pm 1,7$  по сравнению со 2-й группой —  $11,0 \pm 0,6$  и контролем —  $6,0 \pm 0,9$ .

С увеличением стажа работы в профессии растет и распространенность заболеваний, достигая максимальных значений при стаже 20–29 лет (1-я группа —  $37,8 \pm 2,3$ ; 2-я группа —  $13,2 \pm 1,0$ ). В контрольной группе показатели находятся на одном уровне.

Распространенность заболеваний данного класса в 1-й и 2-й группах достоверно выше у работников в возрасте 40–49 лет ( $36,8 \pm 2,1$  и  $12,8 \pm 0,9$  соответственно) по сравнению с возрастной группой 50–59 лет ( $29,6 \pm 2,7$  и  $9,0 \pm 0,8$  соответственно). В контрольной группе существенных различий между возрастными группами не отмечено.

Ведущие места среди заболеваний эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ приходятся на гиперхолестеринемию — 57,2%; ожирение — 33,6%, инсулиннезависимый сахарный диабет — 5,5%.

Нарушения обмена липопротеидов, в частности гиперхолестеринемия, распространены среди работников 1-й группы достоверно больше по сравнению со 2-й группой и контролем (1-я группа —  $20,7 \pm 1,4$ ; 2-я группа —  $6,1 \pm 0,5$ ; контроль —  $3,1 \pm 0,6$ ). Во 2-й группе распространенность гиперхолестеринемии достоверно выше по сравнению с контролем.

Распространенность гиперхолестеринемии среди работников 1-й группы достоверно растет с увеличением стажа работы в профессии. Так, при стаже работы до 20 лет показатель составляет  $13,2 \pm 4,1$ , увеличиваясь к стажу 20–29 лет до  $21,8 \pm 1,9$ . Во 2-й группе и контроле аналогичная динамика не фиксируется.

Второе место в структуре хронических заболеваний эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ занимает ожирение, распространенность которого достоверно выше в 1-й группе и составляет  $12,2 \pm 1,1$ , при  $3,6 \pm 0,4$  — во 2-й группе и  $2,1 \pm 0,5$  — в контроле.

В 1-й группе с увеличением стажа работы в профессии достоверно растет распространенность хронического ожирения с  $4,4 \pm 2,5$  при стаже до 20 лет до  $14,4 \pm 1,7$  при стаже 20–29 лет. В остальных профессиональных группах аналогичные изменения не отмечены.

Относительный риск развития хронических общесоматических заболеваний является еще одним показателем, позволяющим оценить профессиональный риск.

Было установлено, что риск развития хронических заболеваний эндокринной системы, расстройства питания и нарушений обмена веществ составляет в 1-й группе  $OR = 8,2$  (ДИ = 5,7–11,9), что в 4,1 раза выше, чем во 2-й группе, в которой  $OR = 2,0$  (ДИ = 1,4–2,8). Самый высокий риск зафиксирован у работников со стажем 20–29 лет: в 1-й группе  $OR = 8,8$  (ДИ = 5,3–14,6), во 2-й группе  $OR = 2,2$  (ДИ = 1,3–3,5).

Риск развития гиперхолестеринемии в 4,2 раза выше в 1-й группе ( $OR = 8,3$  при ДИ = 5,2–13,0) по сравнению с риском у работников 2-й группы ( $OR = 2,0$  при ДИ = 1,3–3,2). Наибольшему риску развития гиперхолестеринемии подвергаются работники 1-й группы при стаже работы 30 лет и более ( $OR = 9,2$  при ДИ = 4,3–19,7). Во 2-й группе с увеличением стажа работы риск развития данного заболевания не изменяется и составляет  $OR = 1,9$ .

Относительный риск развития ожирения у работников 1-й группы составляет  $OR = 6,5$  (ДИ = 3,7–11,3), что в 3,8 раза выше, чем во 2-й группе, в которой  $OR = 1,7$  (ДИ = 1,1–3,0).

В обеих группах самый высокий риск развития ожирения зафиксирован у работников со стажем 20–29 лет (1-я группа  $OR = 8,5$  при ДИ = 3,9–18,9; 2-я группа  $OR = 2,4$  при ДИ = 1,1–5,2).

Полученные данные о высокой распространенности и относительном риске заболеваний эндокринной системы, расстройств питания и нарушений обмена веществ (гиперхолестеринемия, ожирение) по сравнению с контрольной группой и росте показателей с увеличением стажа работы

в профессии указывают на производственную обусловленность данного класса болезней у работников 1-й группы.

Болезни системы кровообращения занимают третье место в структуре заболеваемости и составляют в 1-й группе  $19,2 \pm 1,4$ , что достоверно выше по сравнению со 2-й группой ( $8,6 \pm 0,6$ ) и контролем ( $4,0 \pm 0,7$ ). С увеличением стажа работы в профессии отмечается рост распространенности заболеваний как в 1-й, так и во 2-й группах. Однако темп роста показателей существенно выше в 1-й группе — с  $7,4 \pm 3,2$  при стаже работы до 20 лет;  $17,6 \pm 1,8$  при стаже работы 20–29 лет; до  $24,3 \pm 2,5$  при стаже работы 30 лет и более. Во 2-й группе и контроле аналогичных тенденций не отмечается.

В 1-й группе зафиксированы достоверные различия в зависимости от возраста работников. Так, среди работников в возрасте 40–49 лет распространенность хронических заболеваний сердечно-сосудистой системы составила  $17,1 \pm 1,6$ , а в возрасте 50–59 лет —  $23,2 \pm 2,5$ . Можно сделать предположение, что неблагоприятные условия труда у работников 1-й группы ускоряют естественные процессы старения организма.

В структуре заболеваний системы кровообращения ведущее место принадлежит гипертонической болезни (33,8%) и варикозному расширению вен нижних конечностей (31,3%).

Гипертоническая болезнь достоверно больше распространена среди работников 1-й группы ( $5,3 \pm 0,8$ ) по сравнению со 2-й ( $3,2 \pm 0,3$ ) и контрольной ( $1,4 \pm 0,4$ ) группами. Сравнение в возрастном и стажевом аспектах достоверных различий не выявило.

Анализ распространенности варикозного расширения вен нижних конечностей среди работников не выявил существенных различий между производственно-профессиональными группами. Хронические болезни периферических сосудов достоверно больше распространены в 1-й группе ( $5,7 \pm 0,8$ ) по сравнению со 2-й группой ( $0,4 \pm 0,1$ ). В контрольной группе данных болезней не зафиксировано.

Относительный риск развития хронических болезней системы кровообращения достоверно высок в обеих группах и составляет в 1-й группе  $OR = 5,7$  (ДИ = 3,9–9,0) и во 2-й группе  $OR = 2,5$  (ДИ = 1,6–3,9). При этом работники 1-й группы подвергаются риску развития заболеваний данного класса болезней в 2,3 раза выше, чем работники 2-й группы.

В обеих группах отмечено увеличение риска развития заболеваний в зависимости от стажа работы в профессии.

Риск развития гипертонической болезни составляет в 1-й группе  $OR = 4,0$  (ДИ = 2,0–8,0), во 2-й группе —  $OR = 2,3$  (ДИ = 1,2–4,4). Достоверные значения риска варикозного расширения вен нижних конечностей получены только у работников со стажем 30 лет и более: в 1-й группе  $OR = 5,4$  (ДИ = 1,2–24,7), во 2-й группе  $OR = 4,9$  (ДИ = 1,2–20,6).

Таким образом, было установлено, что неблагоприятные условия труда работников 1-й группы (машинисты экскаваторов, водители карьерных автосамосвалов, машинисты бульдозеров, машинисты буровых установок) способствуют повышению относительного риска развития хронических общесоматических заболеваний ( $OR = 5,9$  при ДИ = 4,7–7,3), что в 2,2 раза выше, чем во 2-й группе ( $OR = 2,7$ ; ДИ = 2,2–3,2).

Риск развития хронических болезней эндокринной системы, расстройства питания и нарушений обмена веществ составляет в 1-й группе  $OR = 8,2$  (ДИ = 5,7–11,9), что в 4,1 раза выше, чем во 2-й группе, в которой  $OR = 2,0$  (ДИ = 1,4–2,8). Относительный риск развития хронических болезней системы кровообращения составляет в 1-й группе  $OR = 5,7$  (ДИ = 3,9–9,0). При этом работники 1-й группы подвергаются риску развития заболеваний данного класса болезней в 2,3 раза выше, чем работники 2-й группы.

Выполненное поперечное эпидемиологическое исследование для оценки профессионального риска развития хронических общесоматических заболеваний по результатам периодических медицинских осмотров у работников, занятых на открытой добыче руд, позволило установить, что факторами риска развития сердечно-сосудистой патологии являются неблагоприятные условия труда и наличие болезней эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что к основным факторам риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы у работников при добыче угля подземным способом (шахты) и руд — открытым способом (карьеры) помимо факторов образа жизни и наследственности следует отнести и неблагоприятные условия труда.

## Литература

1. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/>. — Дата доступа: 12.09.2023.
2. Условия труда, профессиональная заболеваемость на предприятиях открытой добычи руд / И. В. Бухтияров [и др.] // Медицина труда и промышл. экология. — 2017. — № 5. — С. 44–49.



3. Чеботарёв, А. Г. Условия труда и профессиональный риск нарушения здоровья рабочих рудных карьеров / А. Г. Чеботарёв, Л. М. Лескина, Н. П. Головкова // Горная промышленность. — 2020. — № 5. — С. 115–119.

4. Чеботарёв, А. Г. Комплексная оценка условий труда и состояния профессиональной заболеваемости работников горно-металлургических предприятий / А. Г. Чеботарёв, Д. Д. Семенцова // Горная промышленность. — 2021. — № 1. — С. 114–119.

Поступила 13.09.2023

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ 220–500 КВ

*Дремин А. И., dremin@irioh.ru*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Сохранение здоровья работников, подвергающихся воздействию вредных и/или опасных факторов производственной среды и трудового процесса, является одной из самых актуальных проблем электроэнергетики не только в Российской Федерации (далее — РФ), но и во всем мире.

В настоящее время повсеместное расширение сферы применения электроэнергии приводит к тому, что в Российской Федерации появляется все больше объектов высокого и сверхвысокого напряжения, а вместе с ними растёт количество персонала, подвергающегося воздействию вредных факторов производственной среды, значения которых зачастую превышают предельно допустимые уровни (далее — ПДУ) на рабочих местах.

Основными вредными факторами производственной среды на объектах высокого и сверхвысокого напряжения являются электрическое (далее — ЭП) и магнитное поле (далее — МП) промышленной частоты (далее — ПЧ). Источниками высоких уровней ЭП и МП ПЧ являются токоведущие части электроустановок открытых распределительных устройств (далее — ОРУ), открытых трансформаторных площадок и т. д., поэтому обеспечивающий эксплуатацию высоковольтного оборудования электротехнический персонал (ремонтной службы, службы релейной защиты и автоматики, оперативно-диспетчерской службы и пр.) может подвергаться систематическому и наиболее интенсивному воздействию факторов. Для сохранения здоровья персонала устанавливаются предельно допустимые уровни ЭП и МП, которые в РФ регламентируются СанПиН 1.2.3685-21 [1]. Согласно Правилам по охране труда, при работе с электроустановками всех напряжений на рабочих местах электротехнического персонала должна быть обеспечена защита от биологически активного электрического и магнитного поля, способного оказывать отрицательное воздействие на организм человека [2]. Защита электротехнического персонала от неблагоприятного влияния ЭП и МП на территории электросетевых объектов обеспечивается проведением организационных и технических мероприятий.

К организационным мероприятиям, помимо ограничения времени работы, относится организация рабочих мест на расстоянии от токоведущих частей электроустановок, где уровни МП не превышают ПДУ. Карты распределения уровней ЭП и МП должны находиться на электросетевых объектах [2]. В качестве технических мероприятий могут использоваться только коллективные средства защиты, поскольку индивидуальных средств от МП не существует. Гигиенический норматив производственных воздействий МП составляет 100 мкТл для всей рабочей смены, а если время пребывания работника в МП менее 8 ч, то ПДУ определяется по кривой интерполяции, а при времени пребывания в зоне воздействия МП менее 1 ч ПДУ составляет 2 мТл [1].

Основными принципами защиты персонала от ЭП ПЧ являются защита временем, расстоянием и/или использование средств индивидуальной защиты (далее — СИЗ). Значения допустимых уровней напряженности ЭП ПЧ зависят от времени пребывания человека в зоне воздействия и составляют 5 кВ/м в течение всего рабочего дня, а в интервале напряженностей ЭП от 5 до 20 кВ/м допустимое время пребывания определяется по формуле [1]. При уровнях ЭП от 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания не должно превышать 10 минут. При уровнях ЭП, превышающих 25 кВ/м, а также в связи со спецификой работ электротехнический персонал допускается до работ только при использовании СИЗ [1, 2].

Целью данной работы являлась гигиеническая оценка электрических и магнитных полей промышленной частоты на рабочих местах персонала, находящихся на территории открытого распределительного устройства напряжением 220 и 500 кВ.

Измерения уровней ЭП и МП ПЧ проводились на наземных рабочих местах и на местах возможного пребывания персонала при выполнении работ на ОРУ 220 и 500 кВ, таких как обход территории, осмотр и обслуживание трансформаторов тока или напряжения, снятие показаний электроприборов и др., на территории филиала «Костромская ГРЭС» АО «Интер РАО-Электрогенерация».

Измерения проводились на высоте 0,5 м, 1,5 м и 1,8 м от поверхности земли по утвержденной методике [2, 3]. Измеренные уровни МП пересчитывались на максимальный (годовое значение) рабочий ток.

При выполнении измерений расстояние от человека и измерительного прибора до токоведущих частей высоковольтного оборудования составляло не менее 3,5 м [3]. Измерения уровней ЭП и МП ПЧ проводились посредством измерителя напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50 (ООО НПП «Омега Инжиниринг», г. Москва), а также измерителя электромагнитных полей EFA-300 (Narda Safety Test Solution GmbH, Германия). На территории ОРУ 220 кВ были проведены измерения уровней ЭП и МП в объеме 4056 измерений в 760 точках, а на территории ОРУ 500 кВ — 3540 измерений в 590 точках.

На территории ОРУ 220 кВ было проведено измерение уровней электрического поля в 760 точках на трех расстояниях от земли, а на территории ОРУ 500 кВ — в 590 точках. Максимальные уровни электрического поля, полученные после обработки результатов, приведены на рисунке 1.

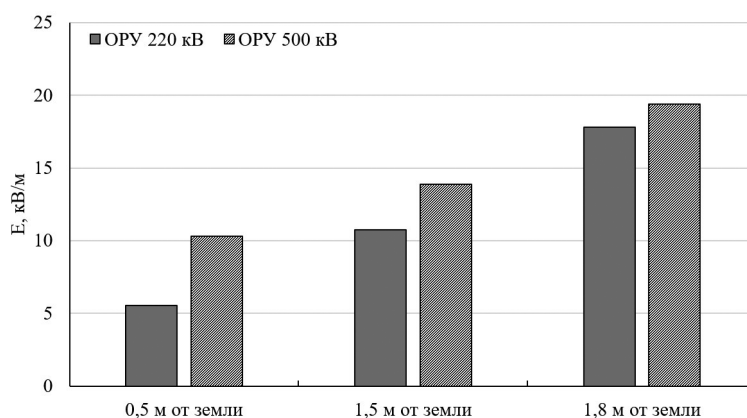


Рисунок 1 — Максимальные уровни ЭП ПЧ на территории ОРУ 220 и 500 кВ

Превышение ПДУ ЭП в 5 кВ/м наблюдалось как на территории ОРУ 220 кВ, так и на ОРУ 500 кВ на каждом из расстояний от земли с максимальными значениями 17,8 кВ/м и 19,4 кВ/м. На ОРУ 220 кВ превышение уровней ПДУ наблюдалось в 124 точках (16,3 % от всей территории) и в 332 точках (54,6 % от всей территории) на ОРУ 500 кВ.

Результаты измерений магнитной индукции пересчитывались с учетом максимальной нагрузки. На территории ОРУ 220 кВ в исследуемых точках измерений значения магнитной индукции достигали 40,23 мкТл. При этом наибольший уровень магнитной индукции, рассчитанный для наихудшего случая воздействия при нагрузке, приравненной к номинальной, составил 125,74 мкТл. На территории ОРУ 500 кВ измеренные значения магнитной индукции достигали 11,19 мкТл, а при пересчете для наихудшего случая воздействия при нагрузке, приравненной к номинальной, составили 579,32 мкТл.

Превышение ПДУ за всю рабочую смену в 100 мкТл на территории ОРУ 220 кВ наблюдалось всего в 0,7 % точек из 760, а на территории ОРУ 500 кВ — в 5,6 % точек из 590.

По результатам гигиенической оценки на территории ОРУ 220 кВ наибольший уровень ЭП ПЧ составлял 17,80 кВ/м. Для обеспечения безопасных условий труда персонала без установки коллективных средств защиты, например тросовых экранов, или использования СИЗ рекомендуется ограничение времени пребывания персонала до 0,8 ч.

В иных точках, где наблюдается превышение уровня ПДУ (уровень напряженности 10–15 кВ/м), время ограничения работы составляет до 1,4 ч за рабочую смену, а в зонах превышения ПДУ до 10 кВ/м время работы составляет до 3 ч. При выполнении работ более указанного времени рекомендуется использование экранирующих защитных комплектов типа ЭП-1 (ЭП-3). В остальных областях ОРУ 220 кВ ограничение работ по времени не требуется.

Наибольший уровень магнитной индукции, рассчитанный для наихудшего случая воздействия при нагрузке, приравненной к номинальной, составил 125,74 мкТл, для обеспечения безопасных условий труда персонала ограничение по времени составляет до 7,5 ч.

По результатам гигиенической оценки на территории ОРУ 500 кВ наибольший уровень ЭП ПЧ составлял 19,40 кВ/м. Для обеспечения безопасных условий труда персонала без установки коллективных средств защиты, например тросовых экранов, или использования СИЗ рекомендуется ограничение времени пребывания персонала до 0,6 ч.

В иных точках, где отмечалось превышение уровня ПДУ (уровень напряженности 10–15 кВ/м), время ограничения работы составляет до 1,7 ч за рабочую смену, а в зонах превышения до 10 кВ/м время работы составляет до 3,1 ч. При выполнении работ более указанного времени рекомендуется использование экранирующих защитных комплектов типа ЭП-1 (ЭП-3). В остальных областях ОРУ 500 кВ ограничение работ по времени не требуется.

Наибольший уровень магнитной индукции, рассчитанный для наихудшего случая воздействия при нагрузке, приравненной к номинальной, составил 579,32 мкТл, для обеспечения безопасных условий труда персонала ограничение по времени составляет до 3,5 ч.

Не всегда является возможным контролировать, в каком именно месте необходимо производить работы, а также какое время займет производство работ. Следовательно, целесообразно проводить работы с использованием защитных комплектов ЭП-1 (ЭП-3) от электрического поля промышленной частоты в целях сохранения здоровья работающих. Постоянное изменение уровней МП в зависимости от нагрузки обязывает руководствоваться картами распределения магнитных полей и ограничивать время работ в соответствии с зонами, где производятся работы.

## Литература

1. СанПиН 1.2.3685–2. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: санитар. правила и нормы. — М.: Центрмг, 2021. — 736 с.

2. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок [Электронный ресурс]: утв. Приказом Минтруда России 15.12.2020 № 903н // КонсультантПлюс. Россия / ЗАО «Консультант Плюс». — М., 2023.

3. МУК 4.3.2491–09. Гигиеническая оценка электрических и магнитных полей промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. — 24 с.

Поступила 09.10.2023

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СОХРАНЕНИЮ ЗДОРОВЬЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ВОДИТЕЛЕЙ

*Жезлова А. В., д. м. н., профессор, drzhl@yandex.ru,  
Ланко И. В., д. м. н., innakryl78@rambler.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Здоровье работающего населения является фундаментом человеческого капитала, который представляет собой фактор устойчивого экономического развития страны. Современный этап развития общества, сопровождающийся усложнением производственных и технологических процессов, ускорением темпа жизни, предъявляет все более высокие требования к состоянию здоровья работающего человека [1]. Неуклонное повышение благосостояния населения, благоустройство и строительство новых дорог ведут к увеличению городских пассажироперевозок и соответственно числа профессиональных водителей городского автотранспорта.

По данным официальной статистики, в 2022 г. профессиональные водители по количеству вперые установленных профессиональных заболеваний занимали второе ранговое место (7 %) между такими общепризнанно «вредными» профессиями, как проходчик (10,0 %) и горнорабочий очистного забоя (6,5 %). В связи с этим необходимо расширять применяемые методические подходы и технологии сохранения здоровья в данной профессиональной группе [2].

С целью разработки эффективных профилактических программ проведено комплексное изучение условий труда, образа жизни, состояния здоровья 314 профессиональных водителей, в том числе

138 водителей маршрутных автобусов (такси) и 176 водителей большегрузных автомобилей крупных промышленных регионов Центрального Федерального округа.

Труд водителя характеризуется комплексом таких неблагоприятных производственных факторов, как производственный шум, транспортная вибрация, неблагоприятный микроклимат, запыленность, загазованность, статические нагрузки, высокое нервно-эмоциональное напряжение, связанное с риском дорожно-транспортных происшествий в условиях напряженного движения на автомагистралях.

В группе водителей городского автотранспорта выявлено воздействие комплекса производственных факторов (шум — от допустимого до превышающего ПДУ на 3–8 дБА, общая транспортная вибрация, превышающая ПДУ на 1–2 дБ, вынужденная рабочая поза «сидя» — до 50%), значительное нервно-эмоциональное напряжение (класс 3.1–3.2). В группе водителей промышленных большегрузных автомобилей приоритетное влияние оказывает шумовибрационный фактор, достигающий класса 3.2–3.3 (шум — класс 3.1–3.2, общая транспортная вибрация — класс 3.2–3.3) в сочетании с функциональным перенапряжением в виде вынужденной рабочей позы «сидя» до 70–80% времени смены (при допустимом значении — до 25%), напряженность труда соответствует нормативам (класс 2). Также отмечены различия в эргономических параметрах рабочего места водителей автобусов и большегрузных автомашин (отечественного и иностранного производства). Среди эргономических факторов, способствующих болевому синдрому, водители отмечают неудобное сиденье (недостаточную поддержку спины), чаще отмечаемую в автобусах отечественного производства со сроком службы более 10 лет. Также была проведена оценка хронометража рабочего дня (в том числе анкетирование 296 водителей) с оценкой функционального состояния организма водителей в течение смены.

К причинам, вызывающим различные нарушения здоровья, относятся не только износ оборудования и устаревание технологий, но и недостаток нормативной информации, нарушения технологической дисциплины, недостаточный уровень культуры производства и подготовки работников, несоблюдение режимов труда и отдыха, пренебрежение к собственному здоровью, распространение вредных привычек (алкоголизм, курение и др.). Следует подчеркнуть, что перечисленные причины во многом определяются невысокой в целом медико-гигиенической культурой работников транспортной отрасли.

Изучение образа жизни путем анкетного опроса выявило низкий уровень физической активности в изучаемых группах: более половины опрошенных (51,6%) ведут малоподвижный образ жизни и только 21,7% регулярно занимаются спортом, при этом основная часть из них — водители промышленных автомобилей, что обусловлено наличием спортзала и стадиона на их предприятии.

В процессе анкетирования выявлен недостаточный уровень самоконтроля за собственным здоровьем: только треть респондентов (34,1%) имеют достаточную информацию о состоянии своего здоровья, почти половина опрошенных (48,4%) лишь иногда контролируют свой вес, а 15,2% никогда не интересуются своим весом. Опрос показал, что более половины работников не информированы о своем уровне сахара в крови (59,2%). Установлено, что 73,6% респондентов знают свой уровень артериального давления, что объясняется постоянным проведением предрейсовых медосмотров. При опросе выявлено, что более половины респондентов в группе водителей являются «безусловными» курильщиками (59,2%), в группе водителей большегрузных автомобилей этот уровень несколько ниже (42,6%), что связано с проведением активной антитабачной кампании на предприятии.

Согласно результатам опроса, около трети респондентов (34,1%) питались менее 3 раз в день, при этом не придерживались одних и тех же сроков приема пищи более половины опрошенных (58,3%). Оценка распределения калорийности пищи по ее приемам в течение дня показала, что большая часть опрошенных (65,9%) потребляла наибольшее количество пищи за вечерний прием. При этом отмечено избыточное поступление с пищей энергии за счет повышенного потребления жиров и углеводов. Такая структура питания характерна для углеводного типа питания и приводит к сниженному потреблению большинства макро- и микронутриентов. Преобладание жирового компонента пищи нарушает усвоение других пищевых компонентов и может привести к нарушению метаболизма, формированию факторов риска избыточного веса и ожирения, а также целого ряда заболеваний сердечно-сосудистой, эндокринной системы и опорно-двигательного аппарата.

Значительная часть опрошенных считают свое питание нездоровым (44,3%): 42,0% работников отмечают недостаточное потребление овощей и фруктов, 34,1% — молочных продуктов. Исследование показало, что почти у половины работников (47,1%) имеется избыточная масса тела (ИМТ = 25–29,9 кг/м<sup>2</sup>) и повышенный риск сердечно-сосудистых заболеваний. Ожирение различной степени выраженности (ИМТ = 30,0–34,9 кг/м<sup>2</sup>) и высокий риск сердечно-сосудистых заболеваний установлены у 25,5% обследованных работников. При изучении показателей липидного обмена

выявлено повышение уровня общего холестерина, холестерина липидов низкой плотности, коэффициента атерогенности у 25,8% обследованных. Гипергликемия, повышенный уровень артериального давления, курение табака, нерациональное питание, избыточная масса тела, низкая физическая активность являются факторами риска, повышающими вероятность развития хронических неинфекционных заболеваний.

Согласно данным углубленного медицинского осмотра, хронические заболевания зарегистрированы у 63,1% обследованного контингента. В структуре выявленной хронической патологии наибольшую долю занимают заболевания опорно-двигательного аппарата (дорсопатия шейного и поясничного уровней с болевым, мышечно-тоническим синдромами, артрозы различной локализации) — 25,8%, гипертоническая болезнь — 18,7%, патология желудочно-кишечного тракта (хронический гастрит, язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки, хронический холецистит) — 15,4%, сахарный диабет — 10,9%. Особенностью группы водителей большегрузных автомобилей является наличие профессиональных заболеваний: вибрационная болезнь — у 15,9%, профессиональная пояснично-крестцовая радикулопатия — у 4,6%.

Индивидуальные результаты исследования работников различных групп по критерию нервно-психической устойчивости (далее — НПУ) показали, что среднегрупповой уровень составил  $25,3 \pm 2,8$  балла, что соответствует удовлетворительному уровню НПУ, более половины (61,8%) испытуемых характеризуются удовлетворительным уровнем нервно-психической устойчивости, а 22,6% имеют высокий риск нарушения адаптации в стрессовых ситуациях.

Одним из исследуемых аспектов здоровья профессиональных водителей было изучение нарушений сна и дневной сонливости. В результате проведения анкетирования были выявлены различные сомнологические нарушения: пресомнические расстройства (нарушение инициации сна, затрудненное засыпание) отмечены у 28,3% опрошенных, интрасомнические нарушения (частые пробуждения, ощущение «поверхностного» сна) — у 25,5%, постсомнические нарушения, связанные с ранним пробуждением и невозможностью последующего засыпания, встречались реже — в 13,1% случаев. У четвертой части опрошенных (25,2%) отмечалось сочетание различных нарушений процессов сна. Результаты Питтсбургского опросника для определения индекса качества сна показали, что наиболее значимые нарушения сна (сумма баллов выше 5) отмечены в группе водителей городских автобусов — средний балл  $5,85 \pm 1,8$ ; в группе промышленных водителей средний показатель не превышал 5 баллов ( $4,9 \pm 1,75$ ). Изучение дневной сонливости по шкале Epworth показало, что дневная сонливость беспокоила почти 40% опрошенных водителей городского автотранспорта (35,5%) и только 21,0% водителей большегрузных автомашин. Средний уровень дневной сонливости ESS колебался от 5,8 у водителей промышленных автомобилей до 7,95 балла у водителей автобусов.

С учетом полученных данных обследованные работники были разделены на группы, для которых были разработаны различные профилактические программы с акцентом на основные факторы, способствующие развитию нарушений здоровья.

Разработанные программы сохранения здоровья включали следующие общие направления:

- оптимизацию условий труда (своевременное обновление автопарка, применение современных систем отопления и кондиционирования, оптимизацию режимов труда, организацию рационального питания и др.);

- качественное и своевременное проведение периодических медицинских осмотров и диспансеризации;

- мероприятия, направленные на соблюдение принципов здорового образа жизни: программы здорового питания и повышения физической активности (в том числе с использованием приложений, установленных на персональных гаджетах), программу профилактики потребления табака с созданием «рабочей среды, свободной от курения»;

- лечебно-оздоровительные мероприятия направленного действия в группах риска по развитию различных нарушений здоровья (группы риска развития ожирения, заболеваний опорно-двигательного аппарата, различных нарушений сна и др.) [3].

Профилактика потребления табака реализуется посредством следующих мероприятий: установление запрета курения на рабочих местах (оформление рабочих мест, мест общего пользования и территории знаками, запрещающими курение), стимулирующие выплаты для отказавшихся от табакокурения, организация индивидуальной и групповой поддержки с использованием мобильных приложений, мессенджеров. Индикаторы реализации этого направления — доля курящих сотрудников, сокративших количество выкуриваемых сигарет, доля курящих сотрудников, отказавшихся от курения.

Отказ от употребления алкоголя и других психоактивных веществ осуществляется через коммуникационные кампании по повышению осведомленности в отношении вреда алкоголя и других

психоактивных веществ, организации безалкогольных корпоративных мероприятий, изменению отношения персонала к употреблению алкоголя как необходимому атрибуту праздника. Индикаторы реализации — рост числа сотрудников с положительным отношением к безалкогольным праздникам, доля сотрудников, уменьшивших потребление алкоголя.

Программа повышения физической активности реализуется через организацию командно-спортивных мероприятий, производственной гимнастики, мероприятия по стимуляции работников к спортивным занятиям (в том числе ходьба, плавание, футбол, волейбол и др.). Индикатор реализации — повышение доли работников с достаточным уровнем физической активности, повышение уровня тренированности работников.

Программа соблюдения принципов здорового питания и питьевого режима должна включать: обеспеченность работников в течение рабочего времени свободным доступом к питьевой воде, возможностью получения горячего питания (не менее 1 раза в день), информирование о принципах правильного питания, пищевой и энергетической ценности блюд, способствующих осознанному выбору; выделение блюд и напитков, соответствующих критериям рациона здорового питания. Индикатор реализации этого направления — доля сотрудников, имеющих доступ к питьевой воде и возможность приема пищи в рабочее время.

Программа сохранения психологического здоровья и благополучия включает проведение коммуникационной кампании по популяризации здорового образа жизни, проведение занятий «Школы здоровья», обучение работников методам самопомощи по предотвращению стресса (образовательные программы, направленные на профилактику стресса), проведение дня/недели/месяца психоэмоционального здоровья, создание комнат психоэмоциональной разгрузки. Индикаторы реализации — повышение уровня удовлетворенности работой, своим состоянием (соматическим, психологическим).

С целью оценки эффективности разработанных программ проведено повторное анкетирование участников программы с использованием основных индикаторов эффективности (процент охвата медосмотрами, диспансеризацией, доля курящих сотрудников, отказавшихся от курения, снижение доли работников с низким уровнем физической активности и другие) через 12 месяцев от начала реализации предложенных мероприятий. Результатом реализации стала позитивная динамика следующих показателей: снижение на 22,8% от исходного уровня числа курящих работников, увеличение охвата диспансеризацией на 39,6%, повышение физической активности от исходного уровня почти у трети сотрудников (31,3%).

Профилактические программы укрепления здоровья профессиональных водителей, реализуемые в целях предупреждения заболеваний, повышения безопасности, производительности и эффективности труда, являются важным компонентом системы охраны здоровья трудящихся, направленной на минимизацию медико-социальных рисков, сохранение трудового долголетия, подтверждают социальную ответственность работодателя и его инвестиции в трудовые ресурсы предприятия (организации) [4]. Реализация этих программ укрепления здоровья на рабочем месте должна не только сохранять оптимальный уровень соматического и ментального здоровья работающего человека, но и повышать удовлетворенность работника результатами своего напряженного и ответственного труда.

## Литература

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад. — М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. — 368 с.
2. Панова, Т. В. Здоровье работающего населения — важнейшее условие качества и производительности труда / Т. В. Панова // Экономические науки. — 2018. — № 4 (161). — С. 39–41.
3. Обзор некоторых существующих практик по профилактике неинфекционных заболеваний и формированию здорового образа жизни в субъектах Российской Федерации / А. В. Маньшина [и др.] // Профилактическая медицина. — 2018. — Т. 21, № 3. — С. 38–44.
4. Корпоративные программы укрепления профессионального здоровья работников в Российской Федерации / С. П. Ковалев [и др.] // Экология человека. — 2020. — № 10. — С. 31–37.

Поступила 15.09.2023

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНТИФОНОВ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ НЕЙРОСЕНСОРНОЙ ТУГОУХОСТИ В РАЗВИТЫХ СТРАНАХ (ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ)

<sup>1</sup>Капцов В. А., д. м. н., профессор, *kaptsova39@mail.ru*,

<sup>1</sup>Панкова В. Б., д. м. н., профессор,

<sup>2</sup>Чиркин А. В.

<sup>1</sup>Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт гигиены транспорта» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Общество с ограниченной ответственностью «Бета ПРО», г. Москва, Россия

Законодательство развитых стран обязывает работодателей не допускать чрезмерного воздействия шума на работников, а если это не удается — обеспечивать их средствами индивидуальной защиты органов слуха (далее — СИЗОС). Изучению таких средств уделялось много внимания, и накопленный опыт может быть полезен для улучшения защиты от шума в СНГ.

Для изучения использования СИЗОС в развитых странах проведен поиск информации в научных публикациях на английском языке и требованиях законодательства к работодателям в отношении защиты рабочих от шума в Австралии, Европейском Союзе (далее — ЕС), Канаде и США.

Конечной целью использования СИЗОС является профилактика ухудшения здоровья путем снижения дозы воздействия шума до безопасного уровня. Используя уникальную базу данных с аудиограммами работников, специалисты NIOSH подобрали аудиограммы подходящего качества для 19 тыс. человек и сравнили риск значительного ухудшения слуха у использовавших СИЗОС и у не применявших их. Для определения того, применял ли работник СИЗОС, при подборе аудиограмм выбирали лишь те, которые были выполнены при медобследовании в совокупности с параллельным опросом, включавшим вопрос об использовании противошумов. Результаты показали, что риск значительного ухудшения слуха у применявших СИЗОС несколько ниже, но отличие статистически незначительно [1]. По данным обзорной работы [2] нет ни одного исследования, показавшего, что выдача работникам СИЗОС позволяет успешно предотвращать нейросенсорную тугоухость. Фактически Директива ЕС (*Directive 2003/10/EC (noise)* от 06.02.2003) также констатирует крайне низкую профилактическую эффективность СИЗОС. Она предписывает работодателям выдавать работникам СИЗОС при эквивалентном уровне шума 80–85 дБА, не требуя их обязательного применения (считается, что риск небольшой). При уровне 85–87 дБА применение становится обязательным; но при превышении 87 дБА работа с использованием СИЗОС с любыми высокими показателями ослабления шума запрещена вообще.

По мнению авторов [2], незначительный профилактический эффект вызван тем, что СИЗОС ослабляют шум на рабочих местах несравненно нестабильнее и (в среднем) гораздо хуже, чем при сертификационных испытаниях (из-за несоответствия индивидуальным анатомическим особенностям лицевого скелета и формы черепа работника и недостаточно совершенных навыков установки вкладышей и/или надевания наушников), а также из-за неиспользования СИЗОС своевременно. Для смягчения второй проблемы в США с 1972 г. работодателей обязали не выдавать работнику купленные (и выбранные) работодателем СИЗОС, а приобрести несколько разных моделей, в том числе вкладыши разного размера, и дать возможность работнику выбрать более удобную. С 1979 г. поставщиков обязали наносить на упаковку показатель ослабления шума NRR (схожий с используемым в ЕС и СНГ SNR), определяемый при испытаниях СИЗОС в аккредитованных лабораториях. В 1970-х гг. ошибочно считалось, что можно определить воздействие шума на работника, вычитая NRR из уровня шума. Нанесение NRR на упаковку, как ожидали, поможет работодателю выбрать такие модели, которые способны защищать рабочего от шума в необходимой степени. Чтобы помочь людям общаться и получать необходимую акустическую информацию, разработаны СИЗОС, ослабляющие лишь громкий шум. Для тех, кому необходимо слышать окружающие звуки без искажений, разработаны противошумы, ослабляющие шум слабо, но сравнительно равномерно по всем частотам.

С конца 1970-х гг. начались измерения ослабления шума СИЗОС не только в лабораториях, но и у работников на предприятиях. Например, специалисты из Института охраны труда (NIOSH) с помощью мобильного шумоизолированного помещения с двумя аудиометрами выполнили более 16 тыс. пар измерений ослабления звуков разных частот (0,125–8 кГц) у 420 работников на 15 заводах. Замеры проводили при установленных в слуховые каналы вкладышах (рабочих без предупреждения отзывали для измерений с рабочих мест) и затем без вкладышей (берушей). Оказалось, что

степень ослабления шума при использовании одних и тех же моделей вкладышей исключительно разнообразна, и ее невозможно предсказать на основе измерений при сертификации. Показатель NRR превышал большинство реальных значений ослабления и никак не предупреждал о том, что у значительной части работников ослабление шума было близким к нулю. Это объяснялось тем, что работники не всегда умеют аккуратно и правильно вставлять вкладыши, а также тем, что у них может быть очень разная форма и размеры слуховых каналов (его поперечное сечение может быть от 3 до 14 мм, а по форме — от эллиптической, близкой к круглой, до щелевидной). У наушников также обнаружилась значительная нестабильность защитных свойств, в среднем несколько меньшая, чем у вкладышей. Даже если бы был способ точно предсказать, каким будет распределение ослаблений шума у группы работников, это не позволило бы выявить ту их часть, которая плохо защищена. Стало ясно, что с практической точки зрения (выявление тех, кому следует подобрать более подходящие средства защиты, кого требуется обучить лучше их использовать) необходимо измерять ослабление шума у каждого работника индивидуально.

Для этого с 1990-х гг. в развитых странах начали разрабатывать и использовать устройства для измерений ослабления шума у СИЗОС, используемых работниками на предприятиях (field attenuation estimation systems (далее — FAES)). В настоящее время на западных рынках продают около дюжины разных систем, использующих различные методы измерений, начиная от упрощенных аудиометров (для определения ослабления шума только у вкладышей) и заканчивая устройствами, регистрирующими уровни шума снаружи СИЗОС и за ними с помощью 4 микрофонов (у наушников). Последний тип позволяет также определять фактическое воздействие шума на работника, измеряя его во время работы. Качество измерений разных систем оказалось неодинаковым, и в США принят стандарт с требованиями к FAES, а в ЕС — по их применению (*ANSI/ASA S12.71-2018* и *EN 17479:2021*). Использование такого оборудования при обучении работников позволяет контролировать конечный результат и заметно повышает качество тренировок [2]. Ожидается, что индивидуальный подбор модели СИЗОС, индивидуальное обучение работника ее правильному использованию, а также проверка конечного результата средствами измерений улучшают мотивацию работников и снижают долю случаев неприменения средств защиты при воздействии шума, превышающего ПДУ [2].

Индивидуальное измерение ослабления шума у работников при первоначальном подборе подходящей модели, при обучении ее использовать и позднее (периодически) считается западными учеными лучшей практикой индивидуальной защиты от шума и проводится работодателями все чаще и чаще. Но на 2023 г. лишь в одной из провинций Канады законодательство обязывало проводить такие проверки всех работодателей. В ряде стран также намерены сделать проверки обязательными.

Одним из главных препятствий, мешающих повсеместному использованию FAES, является их высокая стоимость (например, более 3 тыс. долларов) [3]. Работодателя сложно заставить приобретать такое оборудование, если у него мало работников подвергается воздействию сильного производственного шума. Таким образом, проблема индивидуальных измерений ослабления шума не нашла полноценного решения на сегодняшний день.

Другой нерешенной проблемой является сочетанное воздействие шума и таких вредных промышленных веществ, которые, как оказалось, являются ототоксичными (стирол, толуол, этилбензол, трихлорэтилен, н-пропил бензол, сероуглерод, п-ксилол, растворители и другие) [4]. Например, в одном из первых исследований обнаружили, что значительное ухудшение слуха гораздо чаще происходит у работающих в условиях воздействия химических веществ, хотя доза воздействия шума на работников других участков была заметно выше. В данной области наблюдается острый недостаток научной информации, связанный с невозможностью проведения экспериментов на людях (ухудшение слуха обычно необратимо); отсутствием достаточно точных данных о дозе воздействия шума и концентрациях токсикантов у работающих во вредных условиях; и проблемами экстраполяции результатов, полученных на животных, для оценки риска у людей. Специалисты ограничились предупреждением заинтересованных сторон о повышенном риске комбинированного воздействия, продолжают проводить эксперименты на животных, а также собирать информацию о здоровье работающих во вредных условиях.

В современных публикациях о СИЗОС на русском языке трудно найти информацию о нестабильности ослабления ими шума и соответственно о том, что часть работников, использующих высококачественные и сертифицированные модели протившумов, могут быть практически не защищены даже при своевременном их использовании при умеренном превышении ПДУ. Ситуацию усугубляет ГОСТ Р 12.4.212, разработанный на основе стандартов ЕС и ИСО, предлагающий вычислять воздействие шума на работника, применяющего СИЗОС, на основе замеров шума и результатов лабораторных испытаний протившумов. Документ также предупреждает об опасности «чрезмерного ослабления шума». Однако отсутствие предупреждения о том, что гораздо чаще бывает проти-



воположный эффект, дезинформирует читателей. Документы или публикации, сравнимые с руководством АНА [2], специалистам по охране и гигиене труда в РФ недоступны. Белорусский филиал изготовителя СИЗОС (*Honeywell*) подготовил новый ГОСТ по выбору и применению СИЗОС, который гармонизирован с соответствующим стандартом ЕС, и первая часть документа отведена оценке степени защищенности работника от шума. Эта часть точно соответствует ГОСТ Р 12.4.2012. К сожалению, авторы EN 458 декларируют возможность прогнозирования на основе лабораторных замеров и многократно предупреждают об опасности чрезмерной защиты (в одном из приложений, в конце, упоминают некую «вариабельность» ослабления шума у разных людей, существование средств для индивидуальных проверок, а также то, что стандарт не позволяет определить ослабление шума у конкретного работника). В процессе перевода из проекта ГОСТ EN 458 исключили даже упоминание о средствах для индивидуальных проверок.

Было бы полезно как минимум пересмотреть ГОСТ Р 12.4.212; не принимать ГОСТ EN 458 в нынешней редакции; и разработать стандарты, гармонизированные с вышеупомянутыми стандартами США и ЕС по FAES как с соответствующими современному уровню науки.

В какой степени качественный подбор подходящей модели СИЗОС, индивидуальные проверки, индивидуальное обучение помогут повысить эффект от использования противошумов (по сравнению с фактически нулевым уровнем [1]), пока точно неизвестно. Требования государственной инспекции по охране труда в США исходят из того, что средство коллективной защиты от шума более эффективно и должно использоваться, если даже оно не позволяет достичь ПДУ, а снижает уровень шума на 3 дБ и более, так как это снижает риск потери слуха.

Если применения СИЗОС не удастся избежать, его следует организовать на основе лучшего западного опыта и с учетом местных особенностей:

- работодатель обязан предоставлять работникам возможность выбора подходящей модели из нескольких;

- если характер работы требует получения акустической информации об окружающей обстановке в условиях непостоянного шума, к этим моделям должна добавляться модель с ослаблением шума в зависимости от его громкости (*level-dependent attenuation*);

- при уровне шума 80–90 дБА работодатель обязан проверить наличие у работника навыков правильно надевать наушники или вставлять вкладыши с помощью бесплатно доступного (онлайн) средства, предлагаемого NIOSH [5];

- при уровне шума выше 90 дБА первоначальный индивидуальный подбор модели СИЗОС, обучение рабочих, проверка качества обучения и последующие периодические проверки должны проводиться с обязательным использованием сертифицированных средств измерений (FAES), работодателем самостоятельно или в центрах профпатологии;

- при отсутствии в центрах профпатологии достаточного количества средств измерений (для проверки вкладышей может использоваться аудиометр, в том числе с неточным отсчетом по сравнению с аудиометрическим нулем) и при недостатке специалистов последнее предложение можно внедрять постепенно, начав с тех работников, у которых риск максимален (работающих при наибольших превышениях ПДУ и при воздействии шума и ототоксичных веществ).

Проверки и обучение должны считаться профилактическим мероприятием и оплачиваться Фонд пенсионного и социального страхования Российской Федерации.

Следует обратить внимание на то, что даже лучшие западные требования не содержат конкретных указаний по изменению условий труда так, чтобы работник смог применять СИЗОС непрерывно в условиях опасного шума, когда ему необходима акустическая информация об окружающей среде (для снижения риска для жизни, здоровья и для полноценного выполнения своих трудовых обязанностей). Для начала можно рекомендовать разработку СИЗОС, ослабляющих шум слабо и равномерно, — отсутствие искажений спектра позволит людям нормально слышать звуки, но снизит риск потери слуха. В перспективе следует требовать от работодателя изменения условий труда так, чтобы рабочий мог использовать СИЗОС. Если работнику необходимо слышать шум оборудования, можно установить возле него микрофоны или датчики и передавать их сигнал по беспроводной связи на динамики в СИЗОС, надежно изолирующем орган слуха от шума, но не мешающем получению сигнала с необходимой для работы информацией — при безопасной громкости.

Таким образом, отличия в опыте изучения СИЗОС показывают, что нет причин ожидать, что современная практика их выбора и применения в СНГ позволит эффективно предотвратить ухудшение слуха у работающих в условиях превышения ПДУ по шуму и при сочетанном воздействии шума и ототоксичных веществ.

Необходимо уделять больше внимания созданию безопасных и гигиеничных рабочих мест, снижению негативного воздействия шума и токсичных веществ на работников.

При первоначальном подборе и обучении работников применению СИЗОС необходимо постепенно и повсеместно внедрять использование средств индивидуальной проверки ослабления шума.

Необходимо разрабатывать и производить оборудование для таких проверок.

## Литература

1. Do Hearing Protectors Protect Hearing? / M. R. Groenewold [et al.] // *American Journal of Industrial Medicine*. — 2014. — Vol. 57, № 9. — P. 1001–1010.
2. *The Noise Manual* / ed.: D. K. Meinke [et al.] — 6th ed. — Falls Church, VA: American Industrial Hygiene Association, 2018. — 621 p.
3. *Abbott, M.* Refinement of an Insert Hearing Protector Evaluation System Based on the NIOSH QuickFit. Final Report / M. Abbott. — Blacksburg, VA: NIOSH & Adaptive Technologies, Inc., 2014. — 21 p.
4. *Campo, P.* Combined exposure to noise and ototoxic substances / P. Campo, K. Maguin. — Bilbao, SPAIN: European Agency for Safety and Health at Work, 2009. — 62 p.
5. How Can I Test My Hearing Protection? [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www.cdc.gov/niosh/mining/content/quickfitweb.html>. — Date of access: 03.09.2023.

Поступила 13.09.2023

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНДИКАТОРОВ, ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИХ О НЕОБХОДИМОСТИ ЗАМЕНЯТЬ ПРОТИВОГАЗНЫЕ ФИЛЬТРЫ РЕСПИРАТОРОВ (ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ)

<sup>1</sup>Капцов В. А., д. м. н., профессор, [kaptsovva39@mail.ru](mailto:kaptsovva39@mail.ru),

<sup>1</sup>Панкова В. Б., д. м. н., профессор,

<sup>2</sup>Чиркин А. В.

<sup>1</sup>Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт гигиены транспорта» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Общество с ограниченной ответственностью «Бета ПРО», г. Москва, Россия

Легкие, простые по конструкции и удобные в использовании фильтрующие средства индивидуальной защиты органов дыхания (далее — СИЗОД) нашли широкое применение для предотвращения ингаляционного поступления газообразных токсикантов. Срок службы всех противогазных и комбинированных фильтров ограничен, и необходимо заменять их своевременно. Для этого в прошлом использовали реакцию органов чувств работника на попадание вредных веществ в маску, но затем этот способ запретили во всех развитых странах и многих развивающихся из-за его ненадежности. Законодательство развитых стран [1] и стандарт ИСО (*ISO/TS 16975-1: 2016 Respiratory protective devices. Selection, use and maintenance*) обязывают работодателей менять фильтры или по расписанию, или по показаниям датчиков, предупреждающих о приближении окончания срока службы.

Для определения возможных способов предотвращения запоздалой замены фильтров фильтрующих противогазных СИЗОД был проведен поиск информации в научных публикациях, учебных пособиях и требованиях законодательства по охране труда на английском языке в Австралии, Великобритании, Канаде, США, Европейском Союзе (далее — ЕС), а также в Китае и Японии.

По литературным данным, использование фильтрующих СИЗОД для защиты от газообразных вредных веществ с фильтрами с активированным углем началось с 19 века на английских заводах, а широкое распространение в промышленности они получили после Первой мировой войны. Для замены фильтров использовали реакцию органов чувств на попадание токсичного вещества в органы дыхания, так как других способов в то время не было вообще и из-за того, что по стечению обстоятельств почти у всех боевых отравляющих веществ, от которых противогазы эффективно защищали во время войны, был заметный запах. Считалось, что «постепенное повышение концентрации газа в маске позволит работнику обнаружить приближение окончания срока службы и заблаговременно покинуть загрязненную атмосферу» для замены фильтра. На практике это происходило не всегда. Например, по опубликованным результатам более 30 независимых исследований, пороги восприимчивости запаха толуола могут быть в диапазоне от 0,12 до 1000 мг/м<sup>3</sup> при максимально разовой

(и среднесменной) предельно допустимой концентрации (далее — ПДК) 150 (50) мг/м<sup>3</sup>. Изменение порогов из-за привыкания может повысить их на порядок (среднее значение у группы работников). Аналогичный результат дает отвлечение внимания, а при предварительных медицинских осмотрах большие индивидуальные отличия в восприятии запахов не определяются. Поэтому уже в 1939 г. ленинградские профпатологи попробовали найти способ предсказания срока службы фильтра в известных условиях. Они не успели сделать это до начала войны. Для сравнения и оценки сложности задачи: аналогичная работа, закончившаяся созданием программы MultiVapor [2], велась в качественно иных условиях более 15 лет в «атомном» центре США в Лос-Аламосе. Тем не менее уже в 1939 г. в проекте требований к применению СИЗОД в промышленности указывалось на необходимость менять фильтры по данным объективных замеров их срока службы [3].

Это невыполненное предложение точно соответствует требованиям действующего законодательства всех развитых и большинства развивающихся стран: противогазные фильтры должны заменяться по расписанию, составляемому работодателем на основе оценки срока их службы [1]. Для оценки может использоваться математическое моделирование или замеры в условиях, имитирующих реальные [2]. Одним из серьезных недостатков этого способа является то, что условия использования СИЗОД, сильно влияющие на срок службы, редко стабильны. Концентрация вредных веществ, потребление воздуха работником, температура и влажность на рабочем месте могут значительно изменяться даже в течение смены. Чтобы избежать запоздалой замены фильтров, расписание должно составляться под условия, близкие к наихудшим. В результате замена по расписанию приводит к выбрасыванию большой доли дорогих фильтров, срок службы которых использован, например, на 25–16 %. При относительной влажности воздуха более 45–70 % вода заполняет поры активированного угля и срок службы при защите от не смешивающихся с водой веществ может сократиться во много раз; но современные программы для его вычисления не всегда учитывают это в полной мере [3].

Если с оценкой срока службы при однократном применении фильтра ситуация достаточно определенная, то о возможности безопасного их использования более одного раза сказать что-то труднее. При первом применении в фильтре накапливаются токсичные вещества, которые за время хранения могут десорбироваться и переместиться к отверстию для выхода очищенного воздуха. Поэтому при повторном применении уже первый вдох в незагрязненной атмосфере может быть опасен. По сравнению с возможными условиями неоднократного применения фильтров общий объем исследований в этой области незначителен.

В развитых странах разрешается заменять фильтры и с помощью объективных средств оценки окончания срока службы (End of Service Life Indicator, далее — ESLI). Первое упоминание о таких устройствах встречается в западной литературе в 1925 г. [4], а в СССР был разработан способ установки индикатора в стандартный фильтр для защиты от сероводорода в 1961 г. На западных рынках в продаже были фильтры с индикаторами срока службы для защиты от хлороводорода, фтороводорода, диоксида серы, сероводорода, аммиака, ртути, ароматических хлорсодержащих соединений, алифатических кетонов. По конструкции все они были «пассивными» индикаторами: на боковой поверхности фильтра размещался реагент за прозрачным окошком, менявший цвет при попадании на него токсичного вещества. Большие надежды связывались с использованием металлооксидных детекторов. Орган по сертификации СИЗОД (в США и Канаде, NIOSH) уже в 1972 г. опубликовал требования к «активным» индикаторам (датчик + усилитель + световая / звуковая сигнализация).

Выпуск фильтров с пассивными датчиками постепенно сократился до минимума. Сейчас продают фильтры MSA, Scott и 3M для защиты от ртути и 3M для защиты от некоторых органических веществ, выпуск остальных прекращен. Ситуация с активными датчиками совершенно непонятная. Постоянно разрабатывают новые полупроводниковые и иные детекторы, улучшаются средства обработки сигналов, появляются недорогие и емкие источники электропитания, публикуют сообщения об успешных испытаниях экспериментальных образцов, например, на рабочих местах. Но за полвека ни один производитель СИЗОД даже не попытался сертифицировать фильтры с активными индикаторами. Поиск информации позволил выявить ряд факторов, которые в той или иной степени могут объяснить столь странную ситуацию.

**Технические проблемы.** Детектор может быть установлен между фильтром и маской или в слое сорбента в фильтре. В первом случае можно использовать стандартные фильтр и маску. В некоторых случаях концентрация газа после фильтра может быстро возрасти, и детектор должен работать непрерывно, что увеличивает потребление электроэнергии. Но и при непрерывной работе гарантировать срабатывание детектора задолго до окончания срока службы (чтобы рабочий успел прекратить выполнение работы и выйти из мест с загрязненной атмосферой) может быть сложно.

Установка детектора между слоями сорбента в фильтре или между фильтрами (при прохождении через них очищаемого воздуха последовательно, а не параллельно, как сейчас у СИЗОД с двумя

фильтрами) решает все проблемы: датчик может быть менее чувствительным, его можно включать периодически кратковременно, и у работника будет достаточный запас времени, чтобы покинуть рабочее место. Но изделие с датчиком для одного газа будет бесполезным для защиты от другого газа — при большей стоимости резко сужается универсальность; размещение датчика между двумя такими фильтрами, которые сейчас ставят на маски попарно, сократит площадь поперечного сечения вдвое и повысит толщину сорбента вдвое. При примерно линейной зависимости сопротивления от скорости газа через слой гранул это повысит сопротивление дыханию вчетверо, что не соответствует требованиям. Увеличить площади сечения сорбента для снижения скорости воздуха через него трудно, так как масса фильтров, устанавливаемых на маски, строго ограничена. Наконец, ни в одной из стран нет стандартов, позволяющих сертифицировать противогазные фильтры со сменными датчиками токсичных газов (чтобы работодатель, купив фильтр, пригодный для защиты от десятков и сотен разных веществ, мог применять его с датчиком, соответствующим конкретному случаю). Датчики, разработанные для обнаружения вредных веществ, могут быть крупными (например, 15 мм). Их размер сравним с толщиной слоя сорбента в маленьких фильтрах, устанавливаемых на маску по два, — например, около 20 мм. «Заглубить» крупный датчик в тонкий слой сорбента — непростая задача.

**Организационные проблемы.** На совещании по вопросам внедрения ESLI представителей производителей СИЗОД спросили, что мешает (или может помешать) им выпустить на рынок безопасные и удобные фильтры с ESLI [5]. Ответы представителей 6 транснациональных компаний можно свести к следующему:

- необходимы более конкретные требования законодательства к выбору и применению СИЗОД работодателями;
- необходимы конкретные требования к эксплуатационным свойствам датчиков;
- датчики должны потреблять мало энергии, быть маленькими и уметь различать разные газы при концентрации, близкой к ПДК.

Необходимо уточнить важное обстоятельство. Совещание [5] проводилось в США, где СИЗОД сертифицируют с 1919 г. За столетие там сложились традиции в области испытаний СИЗОД, согласно которым раздельное испытание изделия (по частям) не предусматривается. Например, при определении времени проскока через противогазный фильтр (обычный, без индикатора) его устанавливают на маску и проводят замер для укомплектованного изделия в сборе. Поэтому участники обсуждения даже не рассматривали возможность отдельного испытания датчиков и фильтров с их последующей «сборкой» работодателем под конкретные условия работы. В результате изначально было выбрано направление, сильно усложняющее решение задачи: разработка датчиков, устанавливаемых в фильтр неразъемно (с источником питания) и способных выявлять разные вредные вещества, в том числе в смеси. Изготовители СИЗОД прямо заявили, что считают, что разработкой таких изделий должно заниматься государство. В ЕС активность в области разработки и внедрения ESLI значительно ниже, чем в США. Например, в США есть не очень подробные требования к ESLI, а в Европе нет требований к ним. Несмотря на отсутствие требований к индикаторам, европейским работодателям разрешают и рекомендуют их использовать.

Вместе с тем, разработав газоанализаторы массой порядка 100 грамм, 3M и MSA (участвовавшие в обсуждении) даже не планируют подключать их к своим СИЗОД.

По нашему мнению, большое значение для решения вопроса имеет то обстоятельство, которое в [5] не обсуждалось. Западные профпатологи сумели заставить работодателей менять фильтры по расписанию, составляемому под условия применения, близкие к наихудшим. В результате вырос спрос на фильтры, а разработка эффективных индикаторов может его сократить. Производителям такая перспектива вряд ли нравится, а государство (в лице лаборатории СИЗ, NPPTL) в Институте охраны труда (NIOSH) безуспешно продолжает разрабатывать сверхэффективные, сверхуниверсальные и сверхдешевые датчики, и процессу этому не видно конца.

Для повышения своевременности замены фильтров можно рекомендовать изменение требований к сертификации СИЗОД, стимулируя производителей снижать сопротивление дыханию у фильтров (например, осваивая выпуск сорбента в виде цельного куска с заранее изготовленными прямыми каналами для прохождения очищаемого воздуха, такая технология уже разработана) и последующим прекращением сертификации таких противогазных СИЗОД/фильтров, в которые нельзя установить отдельно изготовленные датчики. Требования к датчикам должны быть разработаны отдельно, так, чтобы их могли изготавливать предприятия, не связанные с выпуском СИЗОД. Раздельная сертификация фильтров и датчиков позволит специализированным предприятиям изготавливать надежную и качественную продукцию, которую можно будет совместно использовать, подобрав подходящие изделия под конкретные условия применения.

Если воздух будет проходить через два фильтра последовательно, то их отдельное хранение в промежутке времени перед повторным применением исключит опасную миграцию накопленного газа к отверстию для выхода воздуха. Это снизит риск для работника и расходы на закупку фильтров.

Таким образом, существуют возможности повысить безопасность работников путем своевременной замены противогазных фильтров СИЗОД с использованием индикаторов срока их службы (ESLI).

Из-за разных объективных и субъективных обстоятельств эта возможность на практике почти не используется.

Для создания условий, благоприятствующих разработке и применению безопасных (в отношении замены фильтров) СИЗОД, необходимо постепенно изменить требования к фильтрам и СИЗОД, стимулируя производителей делать фильтры с маленьким сопротивлением, так, чтобы воздух мог проходить через фильтр(ы), датчик ESLI и фильтр.

## Литература

1. Капцов, В. А. Требования к организации респираторной защиты работающих: обзор мировой практики / В. А. Капцов, А. В. Чиркин // Анализ риска здоровью. — 2020. — № 4. — С. 188–195.

2. Occupational Safety and Health Administration. Respirator Change Schedules [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www.osha.gov/etools/respiratory-protection/change-schedules>. — Date of access: 03.09.2023.

3. Капцов, В. А. Замена противогазных фильтров СИЗОД [Электронный ресурс] / В. А. Капцов, А. В. Чиркин. — Режим доступа: [https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена\\_противогазных\\_фильтров\\_СИЗОД\\_\(лекция\)](https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_(лекция)). — Дата доступа: 03.09.2023.

4. Favas, G. End of Service Life Indicator (ESLI) for Respirator Cartridges. Part I: Literature Review [Electronic resource] / G. Favas. — Fishermans Bend, Victoria, Australia: Defence Science and Technology Organisation, 2005. — Mode of access: [https://archive.org/details/DTIC\\_ADA446250](https://archive.org/details/DTIC_ADA446250). — Date of access: 05.10.2023.

5. Rose-Pehrsson, S. L. Integration of Sensor Technologies into Respirator Vapor Cartridges as End-of-Service-Life Indicators: Literature and Manufacturer's Review and Research Roadmap [Electronic resource] / S. L. Rose-Pehrsson, M. L. Williams. — Washington DC: US Naval Research Laboratory, 2005. — Mode of access: [https://archive.org/details/DTIC\\_ADA434905](https://archive.org/details/DTIC_ADA434905). — Date of access: 05.10.2023.

Поступила 13.09.2023

## ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАГРЕВАЮЩЕГО МИКРОКЛИМАТА И АКТУАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ ЕГО ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ИНТЕРМИТТИРУЮЩЕМ ВЛИЯНИИ

<sup>1</sup>Клебанов Р. Д., к. м. н., доцент, [krd1@tut.by](mailto:krd1@tut.by),

<sup>2</sup>Кудрейко Н. П., [zavod\\_ogt@mail.ru](mailto:zavod_ogt@mail.ru),

<sup>2</sup>Лантев С. В., [zavod\\_cge@minsksanepid.by](mailto:zavod_cge@minsksanepid.by),

<sup>1</sup>Мадекша И. В., [madeksairina@gmail.com](mailto:madeksairina@gmail.com)

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное учреждение «Центр гигиены и эпидемиологии Заводского района г. Минска», г. Минск, Республика Беларусь

Вопросы состояния здоровья работников, занятых в условиях влияния вредных и/или опасных факторов производственной среды и трудового процесса, остаются значимыми и актуальными. Неблагоприятные факторы условий труда, в том числе нагревающий микроклимат, приводят к развитию общих соматических, производственно обусловленных и профессиональных заболеваний, усугубляют их медицинские, социально-экономические последствия. Решение этой важной и значимой в социальном плане проблемы обусловлено рядом задач в гигиене труда. Отметим как одну из актуальных необходимость внедрения современных подходов для анализа и оценки условий труда, их влияния на состояние здоровья работников и разработки мер профилактики, доказательности и обоснованности гигиенических нормативов. Достаточно значима и задача разработки пер-

спективных методов измерений и гигиенической оценки параметров нагревающего микроклимата, а также унификации действующих в республике методов оценки профессиональных рисков, принципов нормирования параметров нагревающего микроклимата.

Основной причиной формирования нагревающей производственной среды является функционирование источников инфракрасного (далее — ИК) излучения при тепловой обработке разных материалов (металл, стекло и иное). В области исследований нагревающего микроклимата (далее — НМК) достигнуты определенные успехи по разработке эффективных средств индивидуальной защиты, анализу рисков нарушений здоровья работающих в условиях НМК, внедрению новых средств измерений и др. [1, 2]. Метод оценки показателей микроклимата, например ИК облучения, уровни которого различаются на разных стадиях техпроцесса, но оцениваются одним классом условий труда, имеется и в настоящее время успешно применяется на практике. Напротив, при интермиттирующем воздействии, когда в течение смены фиксируются разные величины изучаемого показателя, оцениваемые разными классами условий труда, методические подходы к оценке показателей НМК не разработаны. В свою очередь, отсутствие такого метода часто приводит к некорректной оценке показателей, и она может неоправданно завышаться или быть заниженной, что отражается и при установлении компенсаций работникам, и при разработке мер профилактики. С учетом высокой занятости работающих в условиях нагревающей производственной среды актуальной является разработка метода оценки показателей НМК интермиттирующего характера для анализа рисков, связанных с влиянием показателей НМК, обоснования превентивных мер, повышения качества оценки НМК при комплексной гигиенической оценке условий труда, аттестации рабочих мест.

Для разработки метода гигиенической оценки НМК при интермиттирующем воздействии его показателей выполнены исследования на рабочих местах ОАО «Стеклозавод „Неман“» и ОАО «Минский подшипниковый завод». Определены рабочие места разных профессий с НМК, на которых выделены стадии техпроцесса с разными микроклиматическими показателями и выполнены их измерения; проведен гигиенический хронометраж обследованных рабочих мест (290 наблюдений); уточнены категории выполняемых работ по интенсивности общих энергозатрат. На выделенных стадиях техпроцесса установлены классы условий труда показателей микроклимата и определены рабочие места с признаками интермиттирующего влияния. Рассчитаны среднесменные и средние арифметические величины 860 измеренных микроклиматических показателей. Среднесменные значения параметров микроклимата сравнивали с гигиеническим нормативом (далее — ГН); по всем показателям микроклимата (температура воздуха, относительная влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение и индекс тепловой нагрузки среды) установлен класс условий труда. Исследования и измерения проведены в соответствии с техническими нормативными правовыми актами [3, 4].

Определение критерия интермиттирующего воздействия показателя НМК явилось одним из важных вопросов при разработке метода количественной оценки микроклимата. Надо подчеркнуть, что в медицине труда термин «интермиттирующее воздействие» находит применение в основном с качественными параметрами изучаемого показателя. Указывается, например, что при выполнении работ на разных стадиях техпроцесса соответствующие величины изучаемого показателя условий труда могут различаться между собой, что уже свидетельствует о его интермиттирующем влиянии. Однако, по нашему мнению, при таком подходе интермиттирующий характер воздействия фактора, показателя условий труда может определяться на многих рабочих местах.

Для определения границ, критерия интермиттирующего влияния нами апробированы разные подходы — например, выраженная в процентах разница между величинами показателей НМК. Однако это потребовало бы разработки количественного критерия для каждого показателя НМК, а также учета и разных единиц измерения показателей микроклимата, и различий в их количественных величинах: если скорость движения воздуха измеряется в десятых долях показателя, то температура воздуха (0 °С) — уже в единицах, относительная влажность воздуха (%) — десятки процентов, а тепловое излучение — в сотнях и тысячах Вт/м<sup>2</sup>. На практике это существенно усложнило бы процедуру оценки конкретного показателя НМК, поэтому условные границы интермиттирующего характера НМК нами предложено определять с использованием как критерия оценки интермиттирующего микроклимата — класс условий труда, когда на рабочем месте должны быть две или более стадий, этапов или рабочих зон технологического процесса, с оценкой исследуемого показателя классом 3.1 и выше (например, классы 3.1 и 3.3; или 3.1, 3.2 и 3.4 и т. д.). Правильность выбора указанного критерия подтверждается также, учитывая важный принцип гигиенической классификации условий труда, дифференциацией степени отклонений состояния здоровья в зависимости от условий труда, что дает право отнесения условий труда к определенному классу вредности за возможную потенциальную опасность.

Для разработки метода оценки показателя НМК проведены необходимые расчеты и проанализированы полученные средние, среднесменные, средневзвешенные величины показателей

и экспозиционные дозы для оценки ИК облучения. Показано, что средние арифметические величины показателей НМК часто искажают значения показателя, увеличивая или уменьшая соответствующие среднесменные величины, а применение дозового подхода для оценки ИК потока на основе определения показателя «экспозиция теплового облучения» (ЭТО), разработанного в России, выявило более высокие оценки теплового потока, чем и среднесменные, и среднеарифметические величины. Кроме того, результаты исследования российских гигиенистов показали, что величина дозы, экспозиции теплового облучения может даже снижаться (!) с повышением класса условий труда данного показателя микроклимата [5]. Также неприемлемо определение класса условий труда показателя НМК расчетом средневзвешенной величины: она базируется только на времени влияния показателя НМК на работника, а не на всей длительности смены. В результате этого при оценке влияния показателя НМК 50 % смены и менее или 10 % и менее возможно возникновение сложных конфликтных ситуаций. С учетом вышесказанного среднесменная величина в наибольшей степени адекватна для гигиенической оценки показателей нагревающей производственной среды с установлением итогового класса условий труда показателя микроклимата.

Анализ отдельных показателей НМК показал, что измеренные величины относительной влажности воздуха, как правило, не превышали 30 %, однако в условиях выраженной нагревающей производственной среды относительная влажность может снижаться до 7–14 %, что оценивается классами условий труда 3.1 и 3.2. Кроме того, если при обслуживании различных водо- и паропроводов, водяных и иных емкостей (предприятия ТЭЦ и др.) характерны высокие параметры относительной влажности, то уже в котельном цехе, напротив, показатель относительной влажности воздуха может быть ниже значений гигиенического норматива, что также определяет интермиттирующий характер показателя.

По показателю температуры воздуха рабочей зоны интермиттирующее влияние отмечено на 66,6 % обследованных рабочих мест, по показателю скорости движения воздуха — на 37,0 %, а по интенсивности ИК излучения — на 74 % мест, при этом на 49 из 54 обследованных мест определено интермиттирующее влияние показателей нагревающего микроклимата.

Характерным показателем в условиях нагревающей производственной среды является скорость движения воздуха и значительно превышающие гигиенические нормы величины ИК потока и температуры воздуха, требующие обязательных мер для предупреждения перегрева и теплостресса у работников, нормализации теплообмена. Первостепенная роль в решении этой задачи принадлежит оборудованию общеобменной вентиляции, функционированию напольных, потолочных вентиляторов и иное. С другой стороны, в таких производственных условиях скорость движения воздуха превышает нормативные значения, составляя от 1,0 до 4,0 м/с (классы вредности условий труда 3.1 и 3.2), и этот показатель следует оценивать на основе расчета среднесменной величиной.

Гигиеническая оценка НМК с применением показателя индекса тепловой нагрузки среды (далее — ТНС-индекс) определена Санитарными нормами и правилами «Гигиеническая классификация условий труда», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 декабря 2012 № 211. Нами установлено, что более высокие уровни показателя ТНС-индекса (26,1–26,7 °С) выявлялись при наборе стекломассы из стекловаренной печи, укладке изделий-полуфабрикатов в печь обжига ЛЕР; причем температура воздуха на указанных рабочих местах составляла 32 °С. Превышения нормативных значений по ТНС-индексу установлены и на рабочих местах раскатчика металла (24,4–24,7 °С), кузнеца ручнойковки (24,3–25,6 °С), заливщика металла (24,0–24,6 °С) при температуре воздуха на указанных рабочих местах 30–32 °С. Следует обратить внимание, что в ряде случаев при значительном превышении гигиенического норматива по температуре воздуха, с оценкой показателя классами условий труда 3.2 и 3.3, оценка ТНС-индекса не превышала, как правило, класса 3.1. Следует сказать, что оценить показатели НМК возможно как по ТНС-индексу, так и по остальным показателям микроклимата, но в подавляющем большинстве случаев такая оценка проводится по показателям температуры воздуха, интенсивности ИК излучения и др. С другой стороны, на наш взгляд, проблема измерений и оценки ТНС-индекса, судя по материалам открытой печати, отражена совершенно недостаточно, а ТНС-индекс как показатель тепловой нагрузки среды для гигиенической оценки нагревающей производственной среды как на практике, так и в научных исследованиях применяется редко.

Среди показателей производственного нагревающего микроклимата интермиттирующее влияние в большей степени характерно для показателя интенсивности ИК излучения, наиболее высокие значения которого определены при наборе стекломассы из печи, изготовлении крупных стеклянных изделий, укладке полуфабрикатов в печь обжига ЛЕР, а также при работе производственных печей при операциях установки, обработки, съема деталей и полуфабрикатов из металла. Следует сказать, что около 75 % всех обследованных рабочих мест характеризовались выраженным интермиттирующим характером влияния показателя «интенсивность инфракрасного излучения».

Известно, что нормативные значения показателей микроклимата установлены с учетом интенсивности энергозатрат, а в ГН приведены примеры профессий для каждой категории работ [3]. Однако не исключены случаи, когда по наименованию профессии установлена более высокая категория по энергозатратам, чем реальные энергозатраты на рабочем месте, или наоборот: указанная категория работ по энергозатратам ниже, чем определяемая на данном рабочем месте. С учетом сказанного разработан способ расчета фактических энергозатрат методом ранговой среднесменной оценки и определением по рассчитанному рангу категории работ с последующим установлением соответствующего ГН.

На основании выполненных исследований показано формирование нагревающей производственной среды с высокими уровнями теплового излучения, температуры, повышенной скоростью движения воздуха с учетом экспозиции показателей микроклимата. Предложен метод комплексной гигиенической оценки показателей производственного нагревающего микроклимата при интермиттирующем воздействии, позволяющий оценить показатели НМК с учетом интермиттирующего воздействия его показателей при производственном лабораторном контроле, комплексной гигиенической оценке условий труда, аттестации рабочих мест, оформлении санитарно-гигиенической характеристики условий труда. Преимуществами предлагаемого метода является повышение качества гигиенической оценки показателей нагревающего микроклимата на рабочем месте, обеспечение единого подхода для оценки всего комплекса микроклиматических показателей производственной среды при интермиттирующем воздействии.

## Литература

1. Тимофеева, Е. И. Экологический мониторинг параметров микроклимата / Е. И. Тимофеева, Г. В. Федорович. — М., 2005. — 193 с.
2. Афанасьева, Р. Ф. Физиолого-гигиеническое обоснование продолжительности периодов пребывания в нагревающем микроклимате в условиях теплового комфорта в течение рабочей смены / Р. Ф. Афанасьева, Н. А. Бессонова // Вестн. Рос. Академии мед. наук. — 2011. — № 3. — С. 24–28.
3. Микроклиматические показатели безопасности и безвредности на рабочих местах [Электронный ресурс]: гигиен. норматив: утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2021.
4. Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях: санитар. нормы и правила: утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 30.04. 2013 № 33. — Минск. — 16 с.
5. Парадоксы и вопросы гигиенического нормирования условий труда — пути решения назревшей проблемы / А. Г. Хрупачев [и др.] // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. — 2011. — № 27(120). — С. 53–58.

Поступила 21.09.2023

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ АНАЛИЗА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ С ВРЕМЕННОЙ НЕТРУДОСПОСОБНОСТЬЮ РАБОТНИКОВ

<sup>1</sup>Клебанов Р. Д., к. м. н., доцент, [krd1@tut.by](mailto:krd1@tut.by),

<sup>2</sup>Кудрейко Н. П., [zavod\\_ogt@mail.ru](mailto:zavod_ogt@mail.ru),

<sup>2</sup>Лантев С. В., [zavod\\_cge@minsksanepid.by](mailto:zavod_cge@minsksanepid.by),

<sup>1</sup>Коноплянко В. А., к. б. н., [trud@rspch.by](mailto:trud@rspch.by),

<sup>1</sup>Николаева Е. А., [trud@rspch.by](mailto:trud@rspch.by)

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное учреждение «Центр гигиены и эпидемиологии Заводского района г. Минска», г. Минск, Республика Беларусь

Базисная основа целевой разработки превентивных мер по оптимизации производственной среды и улучшению здоровья работающих во многом определяется результатами и выводами комплексного исследования состояния условий труда и здоровья работающего населения.



Следует подчеркнуть, что надзор за производственной средой основан на известных методах и комплексе нормативных правовых документов для их реализации — комплексная гигиеническая оценка условий труда, оценка профессионального риска работающих, производственный лабораторный контроль, а также проводимая уже более 30 лет аттестация рабочих мест по условиям труда, что позволяет обеспечить системный контроль практически всех рабочих мест с неблагоприятными условиями труда. Напротив, для анализа состояния здоровья работающих, по нашему мнению, современная унифицированная методика фактически отсутствует, полностью не решены и не оформлены документально вопросы формирования групп сравнения и их количества для анализа заболеваемости с временной утратой трудоспособности (далее — ЗВУТ), численности работников в изучаемых отдельных основных группах и группах условного контроля, нет алгоритма выполнения анализа ЗВУТ и т. д. Анализ показателей временной нетрудоспособности (далее — ВН) не всегда носит системный характер, выполняется преимущественно в инициативном порядке.

Фактическое отсутствие современной методики анализа ЗВУТ приводит к тому, что в ряде случаев формируются «нестандартные» группы обследуемых контингентов по возрасту и стажу, что не позволяет или заметно усложняет проведение сравнительных оценок полученных показателей с результатами иных исследований. Добавим, что необходимые методические документы для анализа ЗВУТ устарели, так как были разработаны еще в 90-х гг. прошлого века [1].

Следует сказать, что для сравнительного анализа ВН — по предприятиям, отраслям промышленности, в целом по республике — недостаточно как существующих научных публикаций о ЗВУТ, так и официальных статистических сведений, что снижает качество анализа заболеваемости, ухудшает своевременность выявления болезней, ассоциированных с неблагоприятной средой и иное. С учетом этого очевидна актуальность исследования показателей ВН работников, занятых в разных отраслях промышленности, роль результатов сравнительного анализа ЗВУТ в целях оценки здоровья работников, разработки мер по снижению трудопотерь по болезням.

Отчет о временной нетрудоспособности был впервые утвержден в 1958 г., и эта процедура учета и отчетности о ВН работающего населения действовала многие годы. Последовательно применялись различные формы: ф.3-1, ф.16, ф.16-ВН, основным отличием которых являлись расширение перечня причин ВН и изменения в наименовании болезней, связанные с переходом на Международную классификацию болезней (далее — МКБ) сначала 8-го, а затем и 10-го пересмотров. Хотя переход на новую форму МКБ является достаточно сложным и длительным, занимая в ряде стран до пяти лет, расширение отчетной формы, несомненно, повысило качество анализа ЗВУТ: например, если ф.3-1 включала 25 строк (болезни и иные причины ВН), то в ф.16-ВН таких строк уже более 80.

Анализ ЗВУТ, проводимый по данным отчетной формы, позволяет оперативно, путем несложных вычислений, рассчитать показатели числа случаев и дней ВН на 100 работающих суммарно и по классам заболеваний, структуру и динамику ВН, среднюю продолжительность случаев заболеваний и иное. Публикации результатов анализа ЗВУТ как по отдельным предприятиям, так по региону, отрасли, республике позволяют проводить сравнительный анализ здоровья работников для разработки мер профилактики, а накопление данных о ЗВУТ за 5, 7 и более лет позволяет вести динамическое наблюдение за показателями с установлением тенденций формирования трудопотерь. Несмотря на известные преимущества анализа ЗВУТ по данным отчетности, этот метод не позволяет анализировать ВН по профессиям с разными условиями труда и составом работников по стажу, возрасту, полу и иным факторам. Таким образом, анализ ВН по отчетным формам, имея ряд указанных преимуществ, не учитывает стаж, возраст, пол, профессию, не содержит сведений о количестве болевших лиц, их составе и иное.

Полицевой, углубленный или интерпретационный метод, напротив, дает возможность провести исследование заболеваемости работающих с учетом пола, профессии, возраста и стажа, условий труда. Метод позволяет получить данные о показателях числа болевших лиц, случаев и дней ВН в отдельных возрастных, стажевых и профессиональных когортах, с учетом условий труда, сведений о часто и длительно болеющих, структуре заболеваемости, основных показателях ЗВУТ (средняя длительность одного случая утраты трудоспособности, процент нетрудоспособности (процент лиц условно неработающих в отчетном году), удельный вес ни разу не болевших — «индекс здоровья», удельный вес болевших лиц и т. д.).

Важным принципом углубленного анализа является изучение заболеваемости на основе МКБ с учетом пола, возраста и стажа работы лиц, постоянно работающих в определенных условиях труда, для снижения ВН и устранения причин, обусловивших повышенные трудопотери, определение приоритетных направлений улучшения условий труда.

Общая схема анализа включает этапы: обоснование исследования, постановка цели, задач и выбор объекта (цех, предприятие, профессия), сбор информации (состав работников, сведения из листов ВН, состояние условий труда и др.), обработка материалов для создания базы данных, логический анализ, подготовка выводов. Обоснованием необходимости изучения ВН являются высокая заболеваемость работающих, ее резкий рост в сравнении с предыдущими периодами наблюдения, отраслевыми или другими показателями, рост обращаемости за медицинской помощью, подтверждение действующих или обоснование новых гигиенических нормативов, регламентов; выделение контингента часто и длительно болеющих лиц для их оздоровления; выявление факторов, способствующих укреплению здоровья, снижению ВН, и иное.

За базовый период изучения ВН принят один год, и основу контингента составляют лица, которые не менее одного года работали в определенных условиях труда («круглогодичные работники»), а оптимальным сроком изучения ЗВУТ полицевым методом принят трехлетний период. Увеличение периода наблюдения ЗВУТ позволяет повысить достоверность исследования (прежде всего, не только за счет привлечения большей численности работников, но и их численности в отдельных возрастных, стажевых и гендерных группах, что положительно влияет на достоверность данных, качество и результативность динамического наблюдения за ЗВУТ и иное), дает возможность выполнить более глубокий анализ ВН, хотя и повышает трудоемкость.

Роль условий труда в формировании заболеваемости работающих определяют разными методами. Это возможно при сравнительном анализе показателей ВН основной и контрольной групп или нескольких групп, подвергавшихся воздействию одного фактора, но разной интенсивности, или групп работников, имеющих разный стаж работы в конкретных условиях, и т. д. Поскольку достоверные различия ВН сравниваемых групп являются основным доказательством влияния неблагоприятных условий на ВН, важен правильный выбор этих групп: группы должны отличаться по условиям труда, влияние которых предполагается изучить, но быть равными или сходными по остальным факторам, воздействующим на работающих (медобслуживание, дорога к месту работы, питание и т. д.), с выполнением важного подхода при формировании групп для сравнения — сходство, идентичность условий труда для конкретной профессии, группы.

Для методического обеспечения анализа ЗВУТ целесообразно применение критериев формирования групп сравнения, учитывающих возрастные, стажевые, гендерные особенности, а также оценку условий труда. Определение групп для сравнения — важный этап анализа ЗВУТ, и адекватный выбор основной и условно контрольной групп во многом определяет результаты исследования. В литературных данных по методам анализа ЗВУТ не удалось найти критерии формирования групп сравнения [2–4]. Не исключается как причина их отсутствия то, что «жесткий формат» применения критериев для анализа ВН не всегда выполним: иногда группировка, например, по возрасту, стажу может быть невыполнима в проводимом исследовании ввиду недостаточного статистического материала, невозможности выполнить группировку по отдельным критериям. И тогда очевиден рекомендательный характер ряда критериев, а также выделение обязательных и иных критериев, что надо учесть при разработке новых подходов анализа ВН.

При исследовании ЗВУТ методом полицевого анализа основным показателем, единицей измерения является «болевшее лицо». Общими критериями выбора групп сравнения являются факторы профессионального риска работников, их состав по профессии, возрасту, полу и стажу. Обобщающий критерий — характеристика условий труда, выявленные показатели, их класс условий труда; важный критерий — это профессия работника с учетом численности персонала оценки условий труда, наличия ведущего фактора. При отборе профессий учитывается, что условия труда работников одной профессии, например, слесарей, занятых в кузнечном или гальваническом, или сборочном цехах, будут разными. А иногда для разных профессий (литейщик, термист, кузнец) условия труда аналогичны по ведущим факторам (микроклимат, инфракрасное излучение, шум и др.).

Оценка и установление класса условий труда определяются по данным комплексной гигиенической оценки, аттестации рабочих мест; предпочтителен выбор основной группы с оценкой классом 3.2 и выше, учитывая, что класс 3.1 — это пограничная величина с классом 2 («допустимые условия труда»). Критерием комплектования отдельных групп для анализа ЗВУТ является их однородность по условиям труда, которые в основной и контрольной группах должны отличаться (например, классы 2 и 3.2 и т. д.), а иные факторы — климатические условия, медобслуживание в заводской поликлинике, питание в столовой предприятия — могут быть не равными, но сходными. При формировании групп возможно выделение в основной группе двух или более подгрупп с отличием между собой или классом условий труда (например, две подгруппы с классами 3.2 и 3.3), или с выбором двух подгрупп с одним классом (3.2 или выше), но с разными и отличающимися по воздействию на организм ведущими факторами: химический фактор и шум, ЭМП и тяжесть труда и т. д.

Важными критериями формирования групп для анализа являются возраст, стаж, пол работника. С учетом возраста формируются группы «до 19 лет», «20–29 лет», «30–39 лет», «40–49 лет», «50–59 лет», «60 лет и старше»; применима при недостаточном числе работников и другая группировка: «до 30 лет», «30–49 лет», «50 лет и старше». При анализе влияния стажа работы на ЗВУТ формируют группы — «до 1 года», «от 1 до 5 лет», «от 6 до 10 лет», «от 11 до 15 лет», «от 16 до 20 лет» и «более 20 лет» с возможным укрупнением («до 5 лет», «6–10 лет», «более 10 лет»). Для исследования гендерных особенностей ЗВУТ анализ среди работающих мужчин и женщин проводится отдельно.

При исследовании ВН с учетом возрастных, стажевых, гендерных и иных особенностей общая численность — не менее 150 работников в каждой основной группе и в контроле; число работников в каждой из отдельных возрастных (например, «20–29 лет», «30–39 лет» и т. д.) или стажевых групп («1–5 лет» и т. д.) должно быть не менее 30 работников. При достаточной численности работников в отдельных группах возможен анализ ЗВУТ с учетом одновременно двух или трех критериев (возраст и стаж; пол и стаж и др.).

При анализе ЗВУТ по формам статистической отчетности единицей измерения является «Листок утраты временной нетрудоспособности»; источник информации — «Отчет о причинах временной нетрудоспособности» (аналоги: форма 16-ВН, ф.1-Здрав); критериальные показатели: число случаев и дней ВН общее и по отдельным классам заболеваний, средняя длительность одного случая за период изучения, структура и динамика ЗВУТ.

При ведении на предприятии учета ЗВУТ по отдельным цехам и/или производствам критерий выбора — цех (производство) и обобщенная характеристика условий труда по цеху или на основе расчета «Суммарного коэффициента условий труда» [5].

В заключение следует отметить, что совместная работа врачей поликлинического звена, гигиенистов и администрации субъектов хозяйствования по анализу ЗВУТ работников позволит своевременно выявлять изменения в структуре заболеваемости; анализировать возможные факторы, вызвавшие такие изменения; в случае необходимости проводить разработку планов корректирующих мероприятий и профилактических мер для улучшения условий труда, иной деятельности для сохранения здоровья работников. Обеспечение здоровых и безопасных условий труда остается залогом сохранения трудовых ресурсов, устойчивого социально-экономического развития государства в целом, является приоритетом при проведении мероприятий, направленных на сохранение здоровья и работоспособности работников, снижение потерь рабочего времени, риска нарушения здоровья работающих, повышение производительности труда.

## Литература

1. Углубленный анализ заболеваемости с временной утратой трудоспособности работающих: метод. указания № 112–9911–1999: утв. 30.11.1999 г. / Р. Д. Клебанов [и др.] // Сборник официальных документов по медицине труда и производственной санитарии. — Минск, 2001. — Ч. 8. — С. 98–119.

2. Догле, Н. В. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности / Н. В. Догле, А. Я. Юркевич. — М.: Медицина, 1984. — 173 с.

3. Холматова, К. К. Применение экологических исследований в медицине и общественном здравоохранении / К. К. Холматова, А. М. Гржибовский // Экология человека. — 2016. — № 9. — С. 57–64.

4. Ноткин, Е. Л. Об углубленном анализе данных заболеваемости с временной утратой трудоспособности / Е. Л. Ноткин // Гигиена и санитария. — 1979. — № 5. — С. 40–46.

5. Метод гигиенической оценки профессионального риска: инструкция по применению, рег. № 019–1214: утв. Гл. гос. санитар. врачом 20.03.2015. — Минск, 2015. — 18 с.

Поступила 21.09.2023

# ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ СКОРНЯЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

<sup>1,2</sup>Ковшов А. А., к. м. н., *a.kovshov@s-znc.ru*,

<sup>1</sup>Балтрукова Т. Б., д. м. н., профессор, *tatyana.baltrukova@szgmu.ru*,

<sup>1</sup>Ушакова Л. В., к. м. н., *liliana.ushakova@szgmu.ru*

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия

Разработка приоритетных мероприятий по охране труда, связанных с наличием неприемлемого профессионального риска, представляется актуальной задачей для всех отраслей экономики. Скорняжное производство — одна из отраслей легкой промышленности, заключающаяся в механической и физико-химической выделке кожи и шкур животных. Скорняжное производство не ограничивается меховой и кожевенной промышленностью: конечная продукция данного производства широко используется в производстве обуви и в других отраслях легкой промышленности [1, 2].

Развитие легкой промышленности характеризуется постоянным внедрением новых технологий скорняжного производства, включая полностью автоматизированные линии по пошиву одежды, изготовлению обуви и др. Тем не менее, первичная обработка сырья (для обеспечения сохранности снятых с тушек животных шкур до момента их выделки) по-прежнему связана с выполнением ряда технологических операций вручную [1, 3]. Это создает предпосылки для формирования повышенного риска нарушений здоровья в связи с действием комплекса потенциально опасных и вредных производственных факторов, а также определяет необходимость разработки приоритетных мероприятий по охране труда и программы производственного контроля.

Несмотря на то что условия труда работников легкой промышленности в целом достаточно хорошо изучены, исследований по оценке условий труда на рабочих местах в меховой промышленности в последние годы практически не проводилось. В связи с этим представляется актуальным определить основные факторы риска нарушений здоровья работников, занятых обработкой меха, охарактеризовать технологические процессы, выявить источники вредных производственных факторов и предложить эффективные меры по снижению профессионального риска.

Цель исследования — провести гигиеническую оценку условий труда скорняжников, занятых выделкой шкурок нутрий, и разработать мероприятия по улучшению условий труда.

Исследования проводились на предприятиях Псковской области, специализирующихся на дублении и выделке кожи, выделке и крашении меха. Проведен анализ данных производственного контроля на 9 рабочих местах скорняжников, занятых на работах по выделке пушнины (шкурки нутрии). Изучались параметры микроклимата, загрязненность воздуха рабочей зоны вредными химическими веществами и аэрозолями преимущественно фиброгенного действия (далее — АПФД), уровни шума и локальной вибрации, уровни искусственной освещенности на рабочих поверхностях, а также показатели тяжести трудового процесса.

На рабочих местах проводилась оценка соответствия фактических уровней опасных и вредных производственных факторов требованиям СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Класс условий труда определялся в соответствии с приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (далее — Минтруд России) от 24.01.2014 (ред. от 27.04.2020) № 33н «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» и «Руководством по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификации условий труда» (Р 2.2.2006-05).

В технологии обработки шкурок нутрии используется бесхромовое дубление с применением соединений алюминия (квасцы алюмоаммонийные), небольших количеств альдегидов (пентандиаль) и метановой (муравьиной) кислоты, а также раствора хлорида натрия, 2-гидроксипропановой кислоты, неионогенного бактерицидного смачивателя «Wetter НАС» и некоторых других соединений сложного состава для обработки меховой, шубной овчины и пушнины (не нормируются в воздухе рабочей зоны).

Трудовые функции скорняка (выделка пластом) включают в себя отмочку и обезжиривание (замачивание в растворе хлорида натрия при температуре 30–32 °С), мездрение (удаление со шкуры подкожного слоя) с помощью дискового станка, пикелевание (обработка хлоридом натрия, метановой кислотой и 80 %-м раствором 2-гидроксипропановой кислоты), дубление (хлорид натрия, алюмоаммонийные квасцы), сушку, откатку, протряхивание, жирование в барабане, разбивку и отделку. Работники осуществляют контроль за качеством нанесения химических растворов на меховые шкурки по всему волосяному покрову, укладку меховых шкурок на стеллаж, регулирование механизмов технологического оборудования, их смазку и чистку. Фактическая продолжительность рабочей смены скорняка составляет 8–9 часов (номинально — 7 часов 12 минут), работа осуществляется в две смены, предусмотрено два регламентированных перерыва общей продолжительностью 30 минут, а также обеденный перерыв продолжительностью 30 минут. На всех рабочих местах производственные процессы, связанные с выделкой меха, не механизированы и не автоматизированы, на некоторых рабочих местах местная вытяжная вентиляция неисправна.

Проведенный анализ трудовых функций скорняков, занятых выделкой шкурок нутрии, позволил сделать вывод, что потенциально вредными производственными факторами на рабочих местах являются химический фактор, АПФД (пыль животного происхождения), нагревающий микроклимат, шум и локальная вибрация, биологический фактор и тяжесть трудового процесса. Помимо этого к числу потенциально вредных производственных факторов можно отнести и световую среду в связи с ранее установленными недостаточными уровнями искусственной освещенности на отдельных рабочих местах.

Максимально разовая концентрация квасцов алюмоаммонийных (по алюминию) в воздухе рабочей зоны на рабочих местах скорняков достигает 1,2 мг/м<sup>3</sup>, что превышает ПДК (0,5 мг/м<sup>3</sup>) до 2,4 раза. Следует отметить, что нижний предел измерения квасцов в воздухе рабочей зоны, согласно используемой при производственном контроле методике измерения (МУК 4.1.0.345-96), составляет 1,0 мг/м<sup>3</sup>, что не позволяет объективно оценить концентрацию квасцов в воздухе рабочей зоны (на 8 рабочих местах из 9 результаты измерения квасцов алюмоаммонийных — ниже предела количественного определения). Максимально разовая концентрация аммиака в воздухе рабочей зоны составляет 13,8–16,9 мг/м<sup>3</sup> при ПДК 20 мг/м<sup>3</sup>. Имеются данные, которые свидетельствуют о местном эпителиопневмотропном действии указанного токсиканта в подпороговых концентрациях [4]; как следствие, отсутствие превышения ПДК аммиака не исключает вероятность формирования болезней органов дыхания. Концентрации пентандиала (максимально разовые) на исследованных рабочих местах не превышают ПДК (3 мг/м<sup>3</sup>), однако на всех рабочих местах имеются незначительные превышения максимально разовой ПДК метановой кислоты — 2,1–2,5 мг/м<sup>3</sup> (ПДК — 2,0 мг/м<sup>3</sup>). Класс условий труда по химическому фактору — 3.1 (вредные условия труда 1-й степени).

В воздухе рабочей зоны также обнаружена пыль животного происхождения (меховая, с примесью диоксида кремния более 10 %), ее среднесменная концентрация составила 1,6–1,9 мг/м<sup>3</sup> при ПДК 2,0 мг/м<sup>3</sup>. Класс условий труда по содержанию в воздухе рабочей зоны АПФД — 2 (допустимые условия труда).

Уровни воздействия потенциально вредных физических производственных факторов указаны в таблице 1. Анализ результатов измерений показывает, что на всех исследованных рабочих местах имеется превышение ПДУ эквивалентного уровня звука за рабочую смену (на 5,5–7,8 дБА), что соответствует классу условий труда 3.2 (вредные условия труда 2-й степени), а средняя освещенность на рабочих поверхностях ниже нормируемого показателя на 127–146 лк (класс условий труда по методике Р 2.2.2006-05-3.1). Параметры микроклимата и уровни виброускорения (локальная вибрация) соответствуют требованиям СанПиН 1.2.3685-21, класс условий труда — 2.

Таблица 1 — Уровни физических вредных производственных факторов на рабочих местах скорняков

Фактор	Нормативные значения	Фактические значения
Шум (эквивалентный уровень звука за рабочую смену, $L_{Aeq8h}$ )	80 дБА	85,5–87,8 дБА
Вибрация локальная (эквивалентный скорректированный уровень виброускорения за рабочую смену, Хл, Ул, Зл)	126 дБ	Хл 97,9–99,6 дБ Ул 96,5–99,1 дБ Зл 98,9–103,2 дБ
Микроклимат*: температура воздуха скорость движения воздуха относительная влажность воздуха	16–27 °С Не более 0,5 м/с 15–75 %	24,1–26,5 °С 0,2–0,4 м/с 61,0–73,0 %

Фактор	Нормативные значения	Фактические значения
индекс тепловой нагрузки среды**	24,0 °С	23,2–23,8 °С
Средняя освещенность на рабочей поверхности***	300 лк	154–173 лк
* Категория работ IIб, теплый период года; ** норматив указан согласно Р 2.2.2006-05 и приказу Минтруда России от 24.01.2014 № 33н; *** при системе общего освещения, разряд зрительной работы Va.		

Тяжесть трудового процесса скорняка характеризуется рабочей позой «стоя» (более 80 % времени смены), подъемом шкурки средним весом 1,2 кг с ее удержанием двумя руками в течение 5 секунд, переносом на расстояние 1 м. Всего за смену обработке подвергаются до 50 шкурок, продолжительность обработки одной шкурки занимает от 5 до 9 минут. При поднятии шкурок с нижних рядов рабочий может совершить до 50 глубоких (более 30 °) наклонов за смену. На основании приказа Минтруда России от 24.01.2014 № 33н и Р 2.2.2006–05 класс условий труда по тяжести трудового процесса соответствует вредным условиям труда 2-й степени, что определяется рабочей позой «стоя».

Кроме вышеуказанных факторов на этапе обработки меха скорняки могут подвергаться действию биологического фактора, напрямую контактируя с рядом патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, таких как споровые аэробы (из группы *Bac. subtilis*, *Bac. mycooides*), отдельные виды актиномицетов и плесеней (из семейств *Mucoraceae* и *Aspergillaceae*). Согласно Р 2.2.2006–05, условия труда работников по биологическому фактору могут быть отнесены к вредным 2-й степени (класс 3.2) вне зависимости от фактической концентрации микроорганизмов и без проведения измерений. При специальной оценке условий труда на рабочих местах скорняков биологический фактор не идентифицируется и не оценивается.

Итоговый класс условий труда, согласно Р 2.2.2006–05, соответствует вредным условиям труда 3-й степени (класс 3.3), который определяется биологическим фактором (класс 3.2), шумом (класс 3.2), тяжестью трудового процесса (класс 3.2), химическим фактором (класс 3.1) и световой средой (класс 3.1). При специальной оценке условий труда на рабочих местах скорняков биологический фактор и световая среда из-за особенностей идентификации не оцениваются, однако итоговый класс условий труда остается без изменений (3.3) за счет наличия двух классов 3.2 по шуму и тяжести трудового процесса.

Условия труда скорняков, занятых на предприятиях по обработке и выделке шкурок нутрий, не соответствуют требованиям СанПиН 1.2.3685-21, СП 2.2.3670-20 (санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда») и требованиям охраны труда (приказ Минтруда России от 16.11.2020 № 780н «Об утверждении Правил по охране труда при проведении работ в легкой промышленности»). Это формирует высокий риск развития профессиональных заболеваний легкой и средней степени тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности), в том числе шумовых эффектов внутреннего уха (двусторонней нейросенсорной тугоухости), радикулопатий (преимущественно пояснично-крестцового отдела), а также ряда зоонозных инфекционных болезней. По данным государственных докладов о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Псковской области, в последние годы на территории данного региона регистрируются лишь единичные случаи профессиональных заболеваний (в частности, в 2022 г. — 3 случая у одного работника), однако отмечается, что все хронические профзаболевания выявляются при самостоятельном обращении за медицинской помощью, что свидетельствует о низком качестве проводимых периодических медицинских осмотров, и, как следствие, реальный уровень профессиональной заболеваемости может быть существенно выше.

Технологические процессы, используемые на данных предприятиях, несовершенны, используемое оборудование не автоматизировано и зачастую эксплуатируется сверх установленного изготовителем срока. При разработке мероприятий по охране труда особое внимание следует уделить участкам, на которых используются химические реагенты. Основная задача состоит в том, чтобы максимально уменьшить контакт людей с химическими веществами и свести к минимуму риск возникновения аварийных ситуаций, которые могут привести к острому отравлению.

Этого можно достигнуть несколькими путями: автоматизацией оборудования на данных этапах производственного процесса, внедрением новых технологий без использования токсичных реагентов или проведением постоянного мониторинга концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны (в первую очередь аммиака из-за опасности возникновения острого отравления). Также необходимо наладить работу местной вытяжной вентиляции в случае ее неисправности. Кроме того,

работники должны быть обеспечены современными и надежными средствами индивидуальной защиты (противошумные наушники, респираторы, костюм и специальная обувь для защиты от механических воздействий, перчатки для защиты от механических воздействий, головной убор для защиты от общих производственных загрязнений) в соответствии с приказом Минтруда России от 29.10.2021 № 767н «Об утверждении Единых типовых норм выдачи средств индивидуальной защиты и смывающих средств».

Автоматизация или механизация технологических процессов, связанных с работой стоя, наклонами корпуса более 30 °, будет способствовать и снижению показателей тяжести трудового процесса. Более того, интенсивные физические нагрузки усугубляют воздействие химического фактора и АПФД за счет увеличения объема дыхания, что еще более повышает актуальность данных мероприятий по улучшению условий труда. Несмотря на то что это требует значительных финансовых вложений, доведение условий труда до допустимых позволит существенно снизить затраты на реализацию иных мероприятий по охране труда, включая обязательные страховые выплаты в Фонд пенсионного и социального страхования Российской Федерации, что в конечном счете будет способствовать увеличению прибыли предприятий.

В соответствии с Трудовым кодексом Российской Федерации работникам скорняжных производств, специализирующихся на выделке шкурок нутрии, по результатам специальной оценки условий труда должна быть установлена не более чем 36-часовая рабочая неделя, предоставлен дополнительный оплачиваемый отпуск продолжительностью не менее 7 календарных дней. Согласно Федеральному закону № 400-ФЗ «О страховых пенсиях» от 28.12.2013 № 400-ФЗ (ред. от 18.03.2023) и постановлению Кабинета Министров СССР от 26.01.1991 № 10 (ред. от 02.10.1991) «Об утверждении Списков производств, работ, профессий, должностей и показателей, дающих право на льготное пенсионное обеспечение», за рабочими кожевенного и мехового производства, в том числе осуществляющими первичную обработку кожевенно-мехового сырья, сохраняется право на досрочное назначение пенсии по старости. Рекомендуется увеличить продолжительность и кратность регламентированных перерывов, что позволит уменьшить время контакта рабочих с вредными производственными факторами.

Важным направлением по снижению профессионального риска является разработка мероприятий по охране труда в связи с повышенным шумом и недостаточной искусственной освещенностью. Необходимо установить достаточное количество осветительного оборудования (для доведения до установленных СанПиН 1.2.3685-21 требований), своевременно и качественно проводить очистку светильников от пыли, заменять неисправное осветительное оборудование. Для борьбы с производственным шумом требуется заменить устаревшее оборудование, изолировать помещения, в которых находится оборудование, генерирующее интенсивный шум, ограничить контакт работников с оборудованием, для которого невозможно уменьшить шум до допустимых значений.

В число обязательных мероприятий по охране труда также входит прохождение работниками обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров в соответствии с приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 28.01.2021 № 29н (ред. от 01.02.2022) «Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры», а также ограничение приема женщин на данное производство согласно приказу Минтруда России от 18.07.2019 № 512н (ред. от 13.05.2021) «Об утверждении перечня производств, работ и должностей с вредными и (или) опасными условиями труда, на которых ограничивается применение труда женщин».

Таким образом, условия труда на рабочих местах скорняков, занятых выделкой шкурок нутрий, соответствуют вредным условиям труда 3 класса 3-й степени, что свидетельствует о высоком (непереносимом) риске развития профессиональных заболеваний легкой и средней степени тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности), что требует неотложных мер по снижению риска. Приоритетными направлениями профилактики профессиональных заболеваний являются совершенствование технологического оборудования, направленное на снижение шума в источнике возникновения и на пути его распространения, механизация и автоматизация производственных процессов, реконструкция систем местной вытяжной вентиляции. Это сможет устранить причины развития профессиональных заболеваний и, как следствие, обеспечить работникам труд в условиях пренебрежимо малого риска нарушений здоровья.

## Литература

1. Энциклопедия технологий 2.0. Легкая промышленность / гл. ред. Д. О. Скобелев; ФГАУ «НИИ «ЦЭПП». — М.; СПб.: Реноме, 2022. — 336 с.
2. Кутюшев, Ф. С. Скорняжное производство / Ф. С. Кутюшев. — М.: Легпромбытиздат, 1989. — 222 с.
3. Баранов, В. А. Технология переработки кожевенного, овчинно-шубного и пушно-мехового сырья: учеб. пособие / В. А. Баранов. — Казань: ФГБОУ ВО КГАВМ имени Н. Э. Баумана, 2018. — 56 с.
4. Таловская, М. В. Сравнительная характеристика показателей концентрации аммиака в сыворотке крови и смывах со слизистой носовой полости у работников аммиачного производства: доказательства эпителиотропного действия токсиканта / М. В. Таловская, Т. В. Устинова // Экология и здоровье человека: сб. тр. X Всероссийского конгресса, Самара, 11–13 окт. 2005 г. — Самара, 2005. — С. 278–279.

Поступила 13.09.2023

## ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

*Красавина Е. К., к. м. н., krasavinaek@fncg.ru,  
Яцына И. В., д. м. н., профессор, yatsyna.iv@fncg.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

В силу высокой распространенности заболеваний кожи (в настоящее время 6 % всего населения, или каждый 18-й житель Российской Федерации (далее — РФ), страдает каким-либо дерматологическим заболеванием) ежегодно регистрируется более 6 млн больных дерматозами со впервые в жизни установленным диагнозом, дерматозы становятся частой причиной отсутствия на рабочем месте (Кубанова А. А., Тихонова Л. И., 2004). По своей значимости и распространенности дерматозы занимают 5-е место среди всех учитываемых нозологий (Кубанова А. А., Кубанов А. А., Мелехина Л. Е., Богданова Е. В., 2017). По данным государственной статистики<sup>1</sup> и данным многочисленных отечественных авторов, уровень регистрируемой профессиональной патологии кожи на протяжении последнего десятилетия неустанно снижается в различных регионах РФ (Вадулина Н. В., Галлямов М. А., Девятова С. М., 2020).

Ведущим фактором риска развития профессиональной патологии кожи является химический, помимо этого свое влияние на развитие данных заболеваний также оказывают физические (нагревающий, охлаждающий микроклимат, пылевой фактор, вибрация) и биологические (инфицирование зооантропонозными инфекциями и др.) факторы, что подтверждено рядом современных работ (Валеева Э. Т., Бакиров А. Б., Капцов В. А., 2016; Янчевская Е. Ю., Меснянкина О. А., 2018; Ушакова О. В., 2012; Херлох В., Эльснер П., 2021; Касемсарн П., Боско Дж., Никсон Р. Л., 2016).

Нами была проведена работа, целью которой было научное обоснование профилактических мероприятий для уменьшения риска возникновения профессиональных заболеваний кожи у рабочих производства вторичных драгоценных металлов. Для этого проводились исследования на ОАО «Щелковский завод вторичных драгоценных металлов», в цехе № 1 подготовки и обслуживания аффинажного производства и цехе № 2 аффинажа драгоценных металлов, в отделах заводоуправления (руководство, канцелярия, отдел заготовки сырья и материально-технического снабжения, экономический отдел, бухгалтерско-финансовый отдел, отдел охраны труда и окружающей среды, производственно-технический отдел, отдел технического контроля) и непромышленной группы (хозяйственно-бытовой участок) с оценкой условий труда (санитарно-гигиенической), выявлением ведущих вредных факторов производства, способствующих развитию данной патологии кожи, оценка состояния здоровья рабочих, и расчет относительного риска дерматологической заболеваемости работников и этиологической доли производственных факторов.

---

<sup>1</sup> О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. 368 с.



Исследуемое производство сосредоточено в цехе № 1 подготовки и обслуживания и цехе № 2 аффинажа драгоценных металлов завода. В составе предприятия имеются корпус вспомогательных подразделений, склад драгметаллов, административный корпус, котельная; ремонтно-механический цех, склад кислот и щелочей, очистные сооружения промышленных стоков, гараж с парком автотранспорта, участок железнодорожных путей для движения состава. В общей сложности на предприятии трудятся 368 человек, из них 213 мужчин (57,9%) и 155 женщин (42,1%), лиц моложе 18 лет нет.

Основные виды продукции: золото аффинированное в слитках и гранулах; серебро аффинированное в слитках и гранулах; слитки золота и серебра мерные; порошок серебряный электрохимический активный; серебро азотнокислотное повышенной чистоты промышленного назначения; порошок, содержащий серебро и окись кадмия; порошок серебряный.

Производственная схема переработки золотосодержащего сырья предусматривает приемную плавку в индукционных печах с отливкой расплавов в изложницы, объединение и переплавку слитков после отбора проб в аноды, растворение в царской водке и высаживание золота гидразином. Плавка сырья в индукционных печах сопровождается выделением пыли, а растворение в царской водке — выделением окислов азота, паров соляной кислоты, хлора.

Исходным сырьем для производства серебра являются серебряно-цинковые аккумуляторы, соли серебра, шламы фиксажей из фотопроцессов, богатые по серебру, золы от сжигания кино- и фотопленки, серебряносодержащие шлифы и керцы, металлические и заметаллические отходы на тугоплавкой основе, богатые и бедные по серебру. В зависимости от вида сырья схемой переработки предусматривается механическое обогащение (т. е. отделение серебряносодержащих пластин аккумуляторов от корпусов, отделение контактов в приборах и пр.); плавка в дуговой печи на черновые слитки и шлаки, переплавка черновых слитков в аноды в индукционных печах; растворение серебряносодержащего сырья в азотной кислоте с отделением раствора от нерастворимого осадка, не содержащего серебра, цементация серебра из раствора медным порошком, переплавка черновых слитков в аноды в индукционных печах, электролиз с извлечением серебра в шлам и получением катодной меди, переплавка анодного шлама в аноды в индукционных печах. Вторичное аффинированное серебро получают из товарного серебра в анодах путем электролиза в механических электролизерах.

Процесс производства азотнокислого серебра осуществляется в следующей последовательности: растворение серебряного порошка, полученного с электролизного участка, в азотной кислоте в реакторе, фильтрация раствора и кристаллизация, сушка, расфасовка, взвешивание и упаковка.

Процессы плавки сырья и переплавки слитков, сушки и упаковки сопровождаются выделением пыли; процессы электролиза, растворения в реакторах, выпаривания растворов, кристаллизации сопровождаются выделением оксидов азота.

На предприятии производства вторичных драгоценных металлов, общей численностью персонала в 368 работников, в результате гигиенических исследований установили, что в процессе трудовой деятельности на рабочих основных профессий имеет место сочетанное воздействие комплекса неблагоприятных производственных факторов: химического, прежде всего пылевого и кислотного, повышенных температур, шумового фактора.

В ходе анализа данных производственного контроля за последние пять лет установлено, что в воздухе рабочей зоны имели место факты превышения предельно допустимых концентраций, в том числе пыли — в 1,99 раза, хлороводорода — в 1,95 раза, диоксида азота — в 1,53 раза, оксида углерода — в 1,36 раза, марганца — в 1,30 раза, кадмия — в 1,17 раза, пыли древесной — в 1,03 раза. Процессы чистки оборудования, замены сеток на грохотах и ряд других сопровождаются массивным пылевыделением. Концентрация пыли в воздухе рабочей зоны, по данным замеров, от 2,7 до 323,0 мг м<sup>-3</sup>. В связи с этим высока доля рабочих мест с вредными условиями труда по химическому фактору (класс 3.1), который в структуре профессионального риска (показателе профиля профессионального риска) занимает до 25%. Особенно в профессиях: аппаратчик в производстве драгоценных металлов, аппаратчик химводоочистки, плавильщик, приемщик сырья и драгоценных металлов, лаборант химического анализа, машинист по стирке и ремонту спецодежды, оператор по обслуживанию пыле- и газоулавливающих установок, слесарь-ремонтник, укладчик-упаковщик, футеровщик-кислотоупорщик, электрогазосварщик, электросварщик.

Еще одним неблагоприятным фактором производственной среды, который представлен в плавильных отделениях участков вторичного золота, является нагревающий тип микроклимата (температура воздуха в рабочей зоне на рабочих местах плавильщика превышает допустимую на 5–6 °С), а также шум, от работающего оборудования практически во всех цеховых подразделениях.

Для предприятия по вторичному производству драгоценных металлов на основе методики количественного определения показателя вредности были определены ведущие профессии риска.

На основании полученных данных показатели индивидуального профессионального риска (далее — ИПР) у аппаратчиков в производстве драгоценных металлов составили  $0,69 \div 0,79$ , что было самым высоким значением; у слесаря-ремонтника ИПР = 0,71, плавильщика ИПР =  $0,65 \div 0,69$ , укладчика-упаковщика порошков ИПР = 0,69. Высокий индивидуальный профессиональный риск на данном производстве определяется влиянием химического фактора.

Согласно шкале Н. Ф. Измерова, в целом по предприятию заболеваемость с временной утратой трудоспособности (далее — ВУТ) работающих по числу случаев и дней нетрудоспособности классифицируется как сверхвысокая: более 102,9 случая и более 1281 дня на 100 работающих. У сотрудников заводоуправления и непромышленной группы данные показатели характеризуют низкий уровень заболеваемости (число дней нетрудоспособности составляет  $1016,4 \pm 35,2$  и  $1031,3 \pm 24,3$  на 100 работающих соответственно).

Заболевания кожи и подкожной клетчатки (по МКБ 10 L00–99) в структуре заболеваемости на заводе по числу случаев нетрудоспособности занимают пятое ранговое место (8,9%) и третье по дням нетрудоспособности (17,5%). Установлено, что в основных производственных подразделениях — в цехах № 1 подготовки и обслуживания аффинажного производства и № 2 аффинажа драгоценных металлов — заболеваемость работающих болезнями кожи и подкожной клетчатки значительно выше, чем в других цеховых (23,0–26,0 и 1,0–3,8 случая на 100 работающих соответственно), и составляет в структуре общей заболеваемости с ВУТ от 12,3 до 14,5%.

К профессиям с высоким риском формирования профессиональной патологии кожи отнесены аппаратчик в производстве драгоценных металлов (32 работающих), приемщик сырья и драгоценных металлов (17 работающих), а также укладчик-упаковщик порошков, укладчик-упаковщик готовой продукции, оператор по обслуживанию пыле- и газоулавливающих установок, слесарь-ремонтник, мастер, которые имеют контакт с пылью алюминиевых сплавов, серебра, кадмия, никеля, кобальта, окисью углерода, сернистым ангидридом, солями фтористоводородной кислоты, двуокисью кремния, аэрозолями селена, парами соляной кислоты и другими агрессивными химическими соединениями.

В ходе дальнейшего исследования с использованием статистических данных (когортного исследования с применением алгоритма анализа данных методом  $\chi^2$ ) были определены величины относительного риска заболеваемости болезнями кожи и подкожной клетчатки, а также этиологической доли факторов производственного процесса в ее формировании. Было доказано достоверное влияние неблагоприятных факторов производственной среды на развитие заболеваний кожи при вероятности статистической ошибки менее 5% ( $p < 0,05$ ):  $\chi^2 = 15,38 - 15,49 > \chi^2_{\text{табл}} = 3,8$ . В результате исследования определено, что показатели относительного риска (далее — RR) выше 1 как в целом по совокупности дерматологических заболеваний (RR = 2,31), так и по отдельным нозологическим формам — дерматиту и экземе (RR = 8,96), а этиологическая доля производственных факторов в их формировании составляет от 56,79 до 88,84%.

В ходе анализа данных по нозологическому пейзажу патологии кожи, выявленной на предприятии у работников завода вторичных драгоценных металлов, на основании результатов профилактических медицинских осмотров установлено: ведущие ранговые места занимают дерматит и экзема — 40,1%, микоз гладкой кожи и ногтей пластин — 20,4%, далее прочие заболевания кожи — 19,1%, дисгидроз — 16,8%, кератодермия — 3,6%. Отмечен высокий удельный вес начальных проявлений профессиональных аллергодерматозов, а кожные заболевания имеют ряд клинических особенностей: хронический торпидный характер течения с преобладанием локализованных очагов инфильтрации, лихенификации и шелушения кожи. Нами также была отмечена взаимосвязь обострений кожного процесса с воздействием агрессивных факторов производственной среды. Выявленную патологию кожи у работников производства следует отнести к производственно обусловленным. Однако за все время функционирования предприятия с 1988 г. профессиональные заболевания кожи на производстве не регистрировались.

По результатам данных гигиенических исследований можно говорить, что рабочие основных профессий производства вторичных драгоценных металлов подвергаются сочетанному действию комплекса неблагоприятных производственных факторов: химического, повышенных температур, шумового фактора. Условия труда рабочих основных профессий соответствуют 3 классу 1-й степени вредности (класс 3.1): аппаратчик в производстве драгоценных металлов, аппаратчик химводоочистки, плавильщик, приемщик сырья и драгоценных металлов, лаборант химического анализа, машинист по стирке и ремонту спецодежды, оператор по обслуживанию пыле- и газоулавливающих установок, слесарь-ремонтник, укладчик-упаковщик, футеровщик-кислотоупорщик, электрогазосварщик, электросварщик. В целом же индивидуальный профессиональный риск на предприятии производства драгоценных металлов определяется прежде всего высокой долей работников основных профессий с вредными условиями труда по химическому фактору.

Полученные данные могут быть использованы для формирования методических разработок по профилактике профессиональной, производственно обусловленной и общей патологии кожи и подкожной клетчатки на данном предприятии. В программе комплексной профилактики следует предусмотреть: совершенствование технологии, механизацию и автоматизацию производственных процессов, санитарно-гигиенические мероприятия, внедрение в производство научно обоснованной системы мер по оптимизации условий труда. Разработка и внедрение разработанных программ профилактики возможны только при непосредственном сотрудничестве медицинских работников, проводящих профилактические медицинские осмотры, инженеров, технологов, специалистов по охране труда и технике безопасности, что позволяет дать благоприятный прогноз снижения уровня заболеваний кожи и подкожной клетчатки на рассматриваемом производстве.

Поступила 25.09.2023

## **ЗНАЧЕНИЕ ВАЛЕОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАБОТНИКОВ ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

*Ланко И. В., д. м. н., innakryl78@rambler.ru,*

*Жеглова А. В., д. м. н., профессор, zheglovaav@fferisman.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Изучение состояния здоровья работающего населения свидетельствует о его ухудшении, особенно среди работников, занятых во вредных производствах, что негативно сказывается на качестве профессиональной деятельности. Воздействие вредных и опасных условий труда, повышенная психоэмоциональная нагрузка дома и на работе, несоблюдение здорового образа жизни свидетельствуют о возможности возникновения состояний, предрасполагающих к появлению профессиональных и общесоматических заболеваний [1].

В настоящее время назрела ситуация, требующая принятия радикальных мер по качественному улучшению состояния здоровья, формированию ценностных ориентиров на сохранение и укрепление физического и психического здоровья работающего населения. Поэтому возникает необходимость использования современных методов здоровьесберегающего воздействия, способных к созданию у работника мотивационного отношения к состоянию своего здоровья. Одним из таких направлений является формирование валеологической компетентности в профессиональной деятельности [2].

Для определения уровня валеологической компетентности у работников горнодобывающих предприятий использовались опросники по методике М. Рокича («Терминальные и инструментальные ценности») и Р. А. Березовской («Отношение к здоровью»).

Исследование 84 горнорабочих (средний возраст  $43,6 \pm 5,6$  года, средний стаж  $14,8 \pm 6,2$  года) показало, что в период трудовой деятельности у них часто возникают (либо усугубляются) болезни органов дыхания, сердечно-сосудистой и периферической нервной системы, опорно-двигательного аппарата. Более трети опрошенных указывали на высокую психологическую нагрузку, ухудшение внимания, памяти, эмоциональную неустойчивость. Более половины заявили об ухудшении состояния здоровья за последний пятилетний период работы на своей должности. А 16,5% работников отмечали, что состояние их здоровья препятствует выполнению должностных обязанностей в полной мере.

Несмотря на негативные тенденции в состоянии здоровья работников горнорудной промышленности, отмечено, что только четверть опрошенных занимаются физкультурой и спортом в свободное от работы время. При этом большая часть опрошенных (81%) считают свои знания о здоровьесбережении достаточными, и только 17 (20%) видят необходимость внедрения здоровьесберегающих технологий в деятельность их предприятия.

С целью выявления исходного уровня сформированности компетенций здоровьесбережения у горнорабочих мы использовали анкету самооценки. Анализ данных проводился по шкале от +2 до -2. По итогу проведения эксперимента среднестатистический показатель составил -0,6, что является средним показателем сформированности валеологической компетентности. Однако, учиты-

вая тот факт, что отрицательным интервалом является промежуток от  $-0,7$  до  $-2$ , можно утверждать, что уровень сформированности данной компетенции находится на начальном этапе отрицательного порога, то есть является низким.

Данные анкетирования в совокупности с результатами диагностики по методикам М. Рокича и Р. А. Березовской позволили определить общую (исходную перед началом эксперимента) оценку уровня сформированности знаний, умений, навыков, эмоционально-ценностных ориентаций в области здорового образа жизни.

В целом у горнорабочих выявлено положительное отношение к здоровью. Значимость здоровья характеризовалась как высокая, однако мотивация на его сохранение и поддержание выражена слабо. Большая часть опрошенных (более 75 %) понимают роль здоровья в обеспечении своего профессионального долголетия, они хорошо осведомлены в вопросах здорового образа жизни, разбираются в основных факторах риска нарушений профессионального и общесоматического здоровья.

В ходе исследования выявлено, что большинство опрошенных не занимаются дополнительным оздоровлением своего организма, не увлекаются спортом, не придерживаются диет, не закаляются, периодически посещают тренажерный зал. Низкая валеологическая активность ведет к ослаблению физического здоровья, приводит к профессиональной дезадаптации, снижению работоспособности, профессиональной пригодности, эмоциональной неудовлетворенности работой и в целом жизнью. Небольшая часть горнорабочих владеет методиками укрепления здоровья, но в целом около 80 % опрошенных этими методиками не пользуются по различным причинам: нехватка времени, усталость, семейные проблемы и прочее.

Таким образом, полученные результаты показали, что у 79 % работников горнодобывающих предприятий не выработана здоровьесберегающая модель поведения, отсутствует интерес к развитию своего оздоровительного потенциала и устойчивая мотивация на сохранение и укрепление здоровья.

Для того чтобы решить данную проблему или как минимум придать ей положительную динамику, необходимо разработать мероприятия по формированию у горнорабочих компетенций здоровьесбережения, которые предполагают знание основных категорий валеологии, понимание зависимости профессионального долголетия от ведения здорового образа жизни, формирование навыка самоанализа своей профессиональной пригодности, поведенческого навыка организации активного и здорового отдыха.

В ранее проводимых исследованиях показано, что наиболее продуктивными средствами здоровьесбережения являются информационно-обучающие и медико-профилактические методики по формированию здорового образа жизни, снижению уровня вредных факторов риска, раннему выявлению признаков их воздействия при проведении предварительных и периодических медицинских осмотров [3].

Для реализации информационно-обучающего направления для горнорабочих были разработаны программы по организации труда, отказу от вредных привычек, соблюдению рационального и правильного питания с привлечением обученных специалистов, внедрены современные методики здоровьесбережения в трудовой процесс и образ жизни, динамический контроль за состоянием здоровья работников.

Просветительско-воспитательная работа включала организацию «Дней здоровья», «Дней отказа от курения», внедрение в трудовой процесс образовательных программ, направленных на формирование мотивации к здоровому образу жизни и повышение уровня знаний в области методик стрессоустойчивости на работе и в быту (тематические лекции, доклады, краткие сообщения, познавательные игры, конкурсы рисунков, плакатов, стихотворений), совместную работу с учреждениями здравоохранения и органами внутренних дел по профилактике токсикомании, наркомании, курения и алкоголизма; пропаганду физической культуры и спорта.

Корпоративная политика в области физкультурно-оздоровительной и спортивно-массовой работы была направлена на пропаганду здорового образа жизни, оздоровление работников и их реабилитацию после тяжелых физических и умственных нагрузок, поддержание высокого уровня работоспособности и физического состояния работников, что обеспечит снижение заболеваемости работников и повышение производительности и качества труда.

Физкультурно-оздоровительная работа включала проведение спортивно-оздоровительных мероприятий среди работников и членов их семей, приобщение работников к регулярным занятиям физической культурой и спортом, участие в соревнованиях по массовым видам спорта. Для разных групп работников определялся оптимальный объем занятий физической культурой с целью поддержания необходимого уровня работоспособности и физического здоровья.

Физкультурно-оздоровительная работа реализовывалась с внедрением современных научно-методических разработок, с модернизацией и строительством объектов спорта, необходимых для организации занятий физкультурой и спортом.

Решение вопросов охраны здоровья работников осуществлялось комплексно с участием органов и учреждений здравоохранения, администрации предприятий, профсоюзных и общественных организаций. Для повышения эффективности проводимых мероприятий на базе медико-санитарной части был организован кабинет здорового образа жизни, комната психологической разгрузки.

Формирование валеологической компетенции должно стать основным направлением работы всего коллектива не только во время производственного процесса, но и вне трудовой деятельности.

Процесс формирования валеологической культуры можно сделать более эффективным с помощью активного использования средств информационных и коммуникационных технологий.

После проведенного курса по валеологической культуре, который включал лекции, семинары, практические занятия, интерактивные уроки, 42 горнорабочим повторно проведена диагностика формирования валеологической компетенции. Исследование показало, что у горнорабочих значительно возрос и углубился интерес к валеологической культуре, желание ее сформировать у себя, сложилась устойчивая внутренняя позиция, основанная на понимании необходимости и ценности сохранения собственного здоровья, ведения здорового образа жизни, и возникло желание распространить знания о валеологической культуре.

Таким образом, формирование валеологической компетенции является необходимой составляющей в сохранении и укреплении профессионального и общесоматического здоровья работающего населения. При этом необходимо использовать индивидуальный подход к каждому работнику при формировании у него валеологической культуры, учитывать его возможности и предпочтения, ранее полученные знания для создания мотивации на ведение здорового образа жизни.

## Литература

1. Анализ условий труда и производственных факторов в аспекте влияния на здоровье работающих / И. В. Духанина [и др.] // Фундаментальные исследования. — 2015. — № 9. — С. 133–136.

2. Зорина, А. Е. Образ жизни работников вредных производств: специфика адаптации к рискам повседневности / А. Е. Зорина // Социологическая наука и социальная практика. — 2019. — № 3. — С. 92–108.

3. Маньшина, А. В. Некоторые подходы к оценке программ профилактики неинфекционных заболеваний и формирования здорового образа жизни / А. В. Маньшина, М. В. Попович, О. М. Драпкина // Профилактическая медицина. — 2020. — Т. 23, № 2. — С. 72–77.

Поступила 15.09.2023

## ИЗУЧЕНИЕ ВЫРАЖЕННОСТИ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ХОЛЕСТЕРИНА И ГЛЮКОЗЫ КРОВИ У ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ВОДИТЕЛЕЙ В КРУПНОМ ГОРОДЕ

Полякова Л. В., [polaykova2016@mail.ru](mailto:polaykova2016@mail.ru),

Чугунова В. В., [nika.23.06.20@mail.ru](mailto:nika.23.06.20@mail.ru),

Иркаева А. М., [irkaeva-anastasiya@inbox.ru](mailto:irkaeva-anastasiya@inbox.ru),

Жукова Е. С., [evgenya\\_plekhanova@mail.ru](mailto:evgenya_plekhanova@mail.ru),

Позднякова М. А., д. м. н., профессор, [prof\\_pozdniakova@mail.ru](mailto:prof_pozdniakova@mail.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Нижний Новгород, Россия

В настоящее время активно продолжается процесс увеличения роли городского образа жизни в развитии общества. Наиболее актуальной проблемой, связанной с феноменом урбанизации, является устойчивое формирование неблагоприятной экологической обстановки на городской территории, которая оказывает негативное влияние на здоровье населения на протяжении длительного времени. Известно, что большой вклад в загрязнение окружающей среды в крупных городах России вносит автотранспорт. Активный транспортный поток обеспечивает загрязнение воздуха такими

компонентами, как углекислый и угарный газы, окислы азота и серы, альдегиды, свинец, кадмий, твердые пылевые частицы и канцерогенная группа углеводородов, а также обуславливает шумовое, вибрационное, электромагнитное и световое загрязнение [1]. Неблагоприятному воздействию от автомобильных источников подвергается вся городская популяция в целом. Основную группу риска, которая является индикаторным показателем комплексного воздействия загрязнителей на население крупного города, представляют собой профессиональные водители автотранспорта, деятельность которых непосредственно связана с вышеперечисленными негативными факторами на постоянной основе.

Показано, что среди профессиональных водителей наиболее распространены хронические неинфекционные патологии сердечно-сосудистой и эндокринной систем. Ключевыми факторами риска развития данных состояний являются: малоподвижный образ жизни, табакокурение, несбалансированное питание, пожилой возраст, генетическая предрасположенность, стресс и тревожные расстройства. При этом среди сердечно-сосудистых заболеваний (далее — ССЗ) наиболее распространенными являются атеросклероз, артериальная гипертензия и ишемическая болезнь сердца [1]. Среди эндокринных патологий на первом месте находится сахарный диабет 2-го типа (далее — СД2), сопряженный с развитием ожирения.

Постоянное нахождение контингента в зоне повышенной концентрации выхлопных газов и физических факторов загрязнения автотранспорта приводит к активации процессов свободнорадикального окисления, которое сопровождается усиленной генерацией активных форм кислорода (далее — АФК), способных оказывать деструктивное действие на клеточные структуры. Согласно свободнорадикальной гипотезе старения, в патогенезе возраст-ассоциированных заболеваний, в том числе ССЗ и СД2, значительную роль играет высокая окислительная напряженность в организме. В работе В. З. Ланкина и А. К. Тихазе (2016) показано, что содержание липогидропероксидов в липопротеинах низкой плотности (далее — ЛНП) больных атеросклерозом без гиперхолестеринемии более чем в 4 раза выше, чем у практически здоровых лиц того же возраста, а у больных с гиперхолестеринемией — более чем в 8 раз выше, чем в контрольной группе. У больных СД2 содержание гидропероксилипидов в ЛНП оказалось экстремально высоким и превышало значения этого показателя по сравнению с контролем почти в 25 раз. Также при этом регистрируются изменения активности антиоксидантных ферментов, что свидетельствует о нарушении в работе гомеостатических систем и уязвимости организма к развитию оксидативного стресса [2].

Ключевой АФК является супероксид-анион ( $O_2^{\cdot -}$ ), так как его синтез лежит в основе большинства редокс-процессов клетки. Супероксид-анион способен реагировать с протонами с образованием гидропероксильного радикала ( $OH^{\cdot}$ ) — более стабильной и реакционно-активной молекулы, способной проходить через клеточные мембраны. В свою очередь,  $OH^{\cdot}$  является сильным окислителем и незамедлительно реагирует с липидами клетки, инициируя свободнорадикальный цепной процесс — перекисное окисление липидов. За своевременное купирование каскада окислительных реакций на первых этапах отвечают антиоксидантные ферменты супероксиддисмутаза (далее — СОД) и каталаза. СОД осуществляет реакцию дисмутации супероксид-анион радикала до воды и пероксида водорода ( $H_2O_2$ ), который является реакционноспособной относительно долгоживущей АФК. За нейтрализацию  $H_2O_2$  отвечает каталаза, при этом пероксид водорода разлагается на воду и молекулярный кислород [2].

Стандартным тестом в клинико-лабораторной диагностике, позволяющим оценить риски развития ССЗ и СД2, является регистрация параметров уровня общего холестерина и глюкозы в крови.

В связи с этим целью работы — исследование и оценка ассоциации окислительных процессов организма с параметрами общего холестерина и глюкозы в крови профессиональных водителей автотранспорта Нижнего Новгорода.

Материалами исследования послужили образцы крови, полученные от 113 профессиональных водителей автотранспорта, проходящих периодический медицинский осмотр на базе ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора. В исследование включили только мужчин среднего возраста.

Обследуемых водителей на основе данных о содержании общего холестерина и глюкозы в крови разделили на 4 группы сравнения:

- 1-я группа — высокий уровень общего холестерина в крови (более 5,2 ммоль/л);
- 2-я группа — нормальный уровень общего холестерина в крови (0–5,2 ммоль/л);
- 3-я группа — высокий уровень глюкозы в крови (более 6,2 ммоль/л);
- 4-я группа — нормальный уровень глюкозы в крови (3,3–6,2 ммоль/л).

Для оценки состояния антиоксидантной системы защиты и интенсивности окислительных процессов в организме регистрировался ряд маркеров оксидативного стресса в эритроцитах и плазме

крови. В эритроцитах определяли активность СОД по скорости восстановления нитросинего тетразолия в неэнзиматической системе фенозинметасульфата и никотинамидадениндинуклеотид и активность каталазы по изменению оптической плотности в области поглощения пероксида водорода, а также содержание вторичных метаболитов перекисного окисления липидов (далее — ТБК-активных продуктов) с помощью теста с тиобарбитуровой кислотой. Плазму крови исследовали для определения степени окислительной модификации белков с применением метода, основанного на реакции взаимодействия окисленных аминокислотных остатков белков с 2,4-динитрофенилгидразином с образованием 2,4-динитрофенилгидразонов (далее — альдегид-ДНФГ и кетон-ДНФГ) [3]. Исследования выполняли с помощью спектрофотометра УФ-1200 (ТМ ESOVIEW, Россия).

Информация по содержанию в крови обследуемых глюкозы и общего холестерина получена из базы данных ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора (свидетельство № 2023621992) [4]. Статистическую обработку данных проводили с использованием U-критерия Манна — Уитни для независимых групп. Так как выборки не соответствовали нормальному распределению по тесту Шапиро — Уилка, данные представлены в виде медианы (далее — Me), 25-го и 75-го перцентилей (далее — [25%; 75%]).

По результатам обследования профессиональных водителей среднего возраста ( $41 \pm 6,7$  года) выявлено, что повышенное содержание холестерина в крови встретилось в  $47,00 \pm 0,05$  %, а высокий уровень глюкозы — в  $15,04 \pm 0,03$  % случаев.

При исследовании ассоциации маркеров оксидативного стресса в организме профессиональных водителей с уровнем глюкозы и общего холестерина наблюдалась тенденция увеличения активности антиоксидантных ферментов (СОД и каталазы), а также повышения уровня ТБК-активных продуктов в эритроцитах у людей с показателями глюкозы и холестерина в крови, превышающими диапазон нормальных значений (таблица 1).

Таблица 1 — Оценка маркеров окислительных процессов при содержании общего холестерина и глюкозы выше нормы в крови профессиональных водителей автотранспорта в г. Нижний Новгород, Me [25%; 75%]

Показатель, единица измерения		1-я группа (n = 53)	2-я группа (n = 60)	3-я группа (n = 17)	4-я группа (n = 96)	
Общий холестерин, ммоль/л		5,9* [5,6; 6,4]	4,7 [4,2; 5,0]	4,9 [4,7; 5,5]	5,3 [4,7; 5,8]	
Глюкоза, ммоль/л		5,2 [5,0; 5,8]	5,2 [4,8; 5,7]	6,7** [6,5; 7,0]	5,1 [4,8; 5,5]	
СОД эритроцитов, ед. акт. / г Hb		21,4 [13,5; 35,8]	18,2 [11,1; 35,9]	30,6 [18,0; 38,7]	18,9 [12,2; 34,4]	
Каталаза эритроцитов, ед. акт. / г Hb		35,7 [25,2; 57,2]	31,7 [20,9; 47,4]	35,9 [26,6; 59,0]	31,8 [21,7; 52,5]	
ТБК-активные продукты в эритроцитах, мкмоль/л		34,4 [29,5; 42,6]	31,5 [28,2; 37,6]	33,9 [27,7; 39,0]	31,8 [28,7; 38,6]	
Окислительная модификация белков	Содержание альдегид-ДНФГ в плазме крови, ед. опт. пл. / 1 мг белка	спонтанное окисление	0,1 [0,1; 0,1]	0,1 [0,1; 0,1]	0,1 [0,1; 0,1]	0,1 [0,1; 0,1]
		металл-катализируемое окисление	0,4 [0,4; 0,5]	0,4 [0,4; 0,5]	0,4 [0,4; 0,5]	0,4 [0,4; 0,5]
	Содержание кетон-ДНФГ в плазме крови, ед. опт. пл. / 1 мг белка	спонтанное окисление	0,1 [0,1; 0,2]	0,1 [0,1; 0,2]	0,1 [0,1; 0,2]	0,1 [10,1; 0,2]
		металл-катализируемое окисление	0,5 [0,4; 0,5]	0,5 [0,4; 0,5]	0,5 [0,5; 0,5]	0,5 [0,4; 0,5]
* p < 0,001 относительно группы 2 по критерию Манна — Уитни;						
** p < 0,001 относительно группы 4 по критерию Манна — Уитни.						

Таким образом, повышение уровня холестерина и глюкозы в возрасте  $41 \pm 6,7$  года является предвестником нарушения про- и антиоксидантного баланса в организме водителей. Ранее в данной профессиональной группе нами было показано статистически значимое двукратное увеличение активности каталазы в возрасте  $46 \pm 3,0$  года по сравнению с  $39 \pm 3,0$  года [5].

Наши данные показывают, что в среднем возрасте для выявления ранних этапов развития сердечно-сосудистых патологий и СД2 у профессиональных водителей автотранспорта при повышении уровня общего холестерина или/и глюкозы в крови возникает необходимость дополнительной оценки активности антиоксидантной системы защиты. Дальнейшие исследования по установлению выраженности динамики формирования нарушений в антиоксидантной системе защиты будут востребованы для разработки более эффективных методов профилактики и снижения риска развития заболеваний у водителей.

## Литература

1. Оценка влияния условий труда водителей различных транспортных средств на состояние их здоровья в динамике по возрасту и стажу / И. В. Федотова [и др.] // Проблемы гигиенической безопасности и профилактики нарушений трудоспособности у работающих: материалы Всерос. науч.-практ. интернет-конф., Нижний Новгород, 24–25 нояб. 2021 г. / под ред. И. А. Умнягиной. — Н. Новгород: Медиаль, 2021. — С. 8–16.

2. Ланкин, В. З. Важная роль свободнорадикальных процессов в этиологии и патогенезе атеросклероза и сахарного диабета / В. З. Ланкин, А. К. Тихазе // Кардиология. — 2016. — Т. 56, № 12. — С. 97–105.

3. Арутюнян, А. В. Методы оценки свободнорадикального окисления и антиоксидантной системы организма / А. В. Арутюнян, Е. Е. Дубинина, Н. Н. Зыбина. — СПб.: Фолиант, 2000. — 104 с.

4. Комплексная оценка функционального состояния организма водителей пассажирских автобусов: свидетельство о гос. рег. базы данных № 2023621992 Рос. Федерация / А. Л. Орлов, М. М. Некрасова, Т. Н. Васильева [и др.]; заявитель ФБУН «Нижегородский науч.-исслед. ин-т гигиены и профпатологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. — № 2023621754; заявл. 09.06.2023; опубл. 19.06.2023.

5. Исследование изменений антиоксидантной активности организма у профессиональных водителей автотранспорта крупного города / М. А. Позднякова [и др.] // Анализ риска здоровью — 2023. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2023: материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Пермь, 17–19 мая 2023 г.: в 2 т. / под ред. А. Ю. Поповой, Н. В. Зайцевой. — Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. — Т. 2. — С. 380–385.

Поступила 25.09.2023

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ШУМА С УЧЕТОМ НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЯЖЕСТИ ТРУДА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Прокопенко Л. В., д. м. н., профессор, prokopenko@irioh.ru,*

*Лагутина А. В., к. м. н., alagutina@inbox.ru,*

*Курьеров Н. Н., к. б. н., courierov@mail.ru*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Наиболее острым вопросом гигиенического нормирования акустических колебаний в современных условиях является регламентация шума при выполнении напряженных видов работ, получающих все большее распространение в различных отраслях. Это обусловлено прежде всего исключением дифференцированного нормирования шума с учетом напряженности и тяжести труда из СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека к факторам среды» [1], которые были разработаны в рамках регуляторной «гильотины», что является существенным пробелом в методологии гигиенического нормирования акустических факторов.

По данным Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, с начала 2000-х гг. в Российской Федерации заболевания, связанные с воздействием производственного шума, занимают первое ранговое место в группе профессиональных заболеваний от производственных физических факторов (54,38% — 2019 г., 70,56% — 2020 г., 53,03% — 2021 г., 56,07% — 2022 г.). В 2022 г. нейросенсорная тугоухость составила 26,41% от всех случаев зарегистрированных профессиональных заболеваний.



Цель исследования — обоснование адекватности дифференцированного нормирования шума принципам риск-ориентированной системы гигиенической регламентации факторов и положениям доказательной медицины.

Проведен анализ законодательной и нормативной базы по актуальной проблеме гигиенической регламентации производственного шума с учетом видов трудовой деятельности.

Представление о том, что шум является фактором, оказывающим неблагоприятное влияние в зависимости от характера выполняемой работы, достаточно традиционно для отечественной школы гигиенистов труда (Суворов Г. А., Шкаринов Л. Н., Денисов Э. И., 1984) [2].

В настоящее время для большинства видов интеллектуальных и умственно напряженных работ характерны, как известно, шумовые нагрузки в диапазоне 30–80 дБА, оказывающие мешающее, раздражающее, утомляющее действие, возможно развитие неспецифических эффектов — повышение артериального давления и частоты пульса, развитие астеновегетативных реакций, замедляется зрительно-моторная реакция, увеличивается количество ошибок и др. Шумы средних уровней (ниже 80 дБА) в условиях нервно-напряженной работы вызывают функциональное напряжение слухового анализатора, но без потерь слуха, оказывают раздражающее и мешающее действие, вызывая физиологические сдвиги, кумуляция которых со временем составляет основу для формирования неспецифических нарушений нервной и сердечно-сосудистой систем функционального характера. Проведенные гигиенические, клинические и физиологические исследования свидетельствуют, что шум и напряженность труда потенцируют действие друг друга и в равной степени могут рассматриваться как этиологические факторы развития профессиональной потери слуха [3].

В условиях лабораторных экспериментов установлено, что количественная оценка влияния шума и напряженности труда на организм человека по физиологическим, психофизиологическим и клиническим показателям свидетельствует о наличии эквивалентности влияния этих факторов: примерная равноэффективность составляет 10 дБА на одну категорию напряженности и 5 дБА на одну категорию тяжести труда.

Эти данные были положены в основу дифференцированного нормирования шума в зависимости от тяжести и напряженности трудового процесса (таблица 1).

Таблица 1 — Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности, дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса			
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1-й степени	тяжелый труд 2-й степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65
Напряженный труд 1-й степени	60	60	–	–
Напряженный труд 2-й степени	50	50	–	–

В развитие таблицы 1 была дополнительно разработана таблица, в которой указаны предельно допустимые уровни (далее — ПДУ) эквивалентного уровня звука А за рабочую смену для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности, а также для рабочих мест на транспорте (железнодорожном, морском, автомобильном, воздушном), сельскохозяйственной и строительной технике, что помогает объективизировать выбор предельно допустимых уровней шума для конкретного рабочего места с учетом категории тяжести и напряженности выполняемой работы.

Гигиенические нормы шума с учетом видов труда действовали на протяжении более 50 лет, ПДУ шума также учитывались в стандартах, строительных нормах и правилах, других документах (таблица 2).

В международной практике также имеет место принцип снижения ПДУ шума на рабочих местах для напряженного труда, что определяется национальными документами. Согласно Инструкции МОТ «Факторы окружающей среды на рабочем месте» (2001) установлена необходимость учета при оценке воздействия шума таких факторов, как риск ухудшения слуха; степень влияния на речевое общение, необходимое для безопасности труда; риск нервного переутомления с учетом умственной и физической нагрузки и других незвуковых опасностей или эффектов [4].

Анализ доступных в интернет-ресурсе источников показал, что дифференцированное нормирование шума с учетом рода деятельности было принято, например, в Германии еще в конце 60-х гг. прошлого столетия. Так, в стандарте было указано, что промышленный шум, связанный с риском для здоровья, потери слуха и безопасностью рабочих при напряженной умственной работе, составляет 55 дБА, для служащих — 70 дБА.

Таблица 2 — Документы санитарного законодательства, регламентирующие дифференцированные нормы шума с учетом видов работ, дБА

№ п/п	Документы санитарного законодательства	Предельно допустимые уровни шума на рабочих местах		
		в производственных помещениях и на территории предприятий	с учетом видов трудовой деятельности	для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности (таблица 1)
1	СНиП № 785-69	85	–	–
2	ГН № 1004-73	85	–	–
3	СН 3223-85	80 (допускается 85 дБА до 01.01.1989)	50–75	50–80
4	СН 2.2.4/2.1.8.562-96	80	50–75	50–80
5	СанПиН 2.2.4.3359-16	80 (допускается до 85 дБА)	–	50–80
6	СанПиН 1.2.3685-21	80	–	–

В обзоре Alice H. Sutera отмечается, что отдельные страны в своих сводах и правилах заявляют о необходимости защиты от неслуховых (экстраауральных) последствий шума.

Норвежский стандарт: уровни шума на рабочих местах, где необходимо речевое общение, составляет 70 дБА; для работ, характеризующихся умственной деятельностью, — 55 дБА; для других работ — 85 дБА.

В Китае установлен ПДУ 70 дБА для линий точной сборки, служебных помещений и компьютерных залов; 75 дБА — для охраны, наблюдения и комнат отдыха; 85 дБА — для новых мастерских; 90 дБА — для мастерских.

Следует отметить, что в гигиеническом нормативе «Показатели безопасности и безвредности шумового воздействия на человека», утвержденном постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 № 37, по-прежнему сохраняется принцип нормирования промышленного шума с учетом характера труда. В частности, установлены:

- предельно допустимый уровень звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука для видов трудовой деятельности и рабочих мест с учетом условий, тяжести и напряженности труда;
- предельно допустимые эквивалентные уровни звука на рабочих местах с учетом классов условий труда по показателям тяжести и напряженности трудового процесса.

Характерно, что МОТ и ВОЗ в рамках оценки глобального бремени профессиональной заболеваемости и производственного травматизма дополнили методику, основанную на уже имеющихся методах оценки по 39 парам «фактор профессионального риска — последствия для здоровья», еще 13 дополнительными парами «фактор риска — последствия», в том числе парой «производственный шум — сердечно-сосудистые заболевания» [5].

Включение шума как фактора риска развития сердечно-сосудистых заболеваний в методику оценки глобального бремени профессиональной заболеваемости подчеркивает актуальность изучения непосредственных и отдаленных экстраауральных эффектов воздействия шума и необходимость дифференцированного подхода при гигиеническом нормировании шума для высоконапряженных видов работ с целью сохранения здоровья работающих в современных условиях производства.

Сложившаяся в нашей стране система гигиенического нормирования производственного шума на основе риск-ориентированного подхода согласуется с регламентацией шумов на рабочих местах в Европейском Союзе (далее — ЕС), несмотря на то что при сопоставимости нормативных величин имеются различия в терминологии и подходах к оценке шумов.

В ЕС действует Директива 2003/10/ЕС Европейского Парламента и Совета от 06.02.2003 «По минимальным требованиям здоровья и безопасности в отношении экспозиции работников рискам, обусловленным физическими агентами (шум)».

Директива устанавливает три уровня экспозиции: а) нижние величины экспозиции, требующие принятия мер, — 80 дБА, б) верхние величины экспозиции, требующие принятия мер, — 85 дБА, в) предельные величины экспозиции (с учетом ослабления шума средствами индивидуальной защиты) — 87 дБА.

В сравнительном плане системы регламентации шума, действующие в ЕС (Директива 2003/10/ЕС) и Российской Федерации (СанПиН 1.2.3685–21 и Р 2.2.2006–05), показаны в таблице 3.

Приведенные в таблице 3 данные свидетельствуют о соразмерности нормативных величин шума, несмотря на различные критерии их оценки согласно регламентирующим документам ЕС и России.

Таблица 3 — Сравнение систем регламентации шума в ЕС и Российской Федерации

Директива 2003/10/ЕС			СанПиН 1.2.3685-21		
Параметр	$L_{\text{EX, 8 h}}$ , дБА	$L_{\text{p, peak}}$ , дБС	Параметр	$L_{\text{p, A, eq, 8 h}}$ , дБА	$L_{\text{p, Cpeak}}$ , дБС / $L_{\text{p, AImax}}$ , дБА / $L_{\text{p, ASmax}}$ , дБАС
Предельные величины воздействия	87	140	Вредные условия*: класс 3.4	106–115	137 / 125 / 110
Верхние величины рабочего воздействия	85	137	класс 3.3	96–105	
			класс 3.2	86–95	
Нижние величины рабочего воздействия	80	135	класс 3.1	81–85	
Пониженные ПДУ для напряженного труда определяются национальными документами согласно Инструкции МОТ и другими документами**			ПДУ для напряженного труда	80	
				50–70	
* Условия труда классифицируются как «вредные», требующие принятия мер профилактики, объем которых должен увеличиваться со степенью вредности работ и повышением риска потерь слуха;					
** инструкция МОТ «Факторы окружающей среды на рабочем месте» (2001); Резолюция ИМО А.772 (XVIII) «Факторы усталости при укомплектовании судов экипажами и обеспечении безопасности».					

В соответствии с принятой в отечественной практике системой гигиенического нормирования производственного шума, так же как и в Директиве 2003/10/ЕС, при уровнях шума, превышающих ПДУ (80 дБА), работы не запрещаются, если не превышены максимальные уровни звука —  $L_{\text{p, ASmax}}$ , дБА;  $L_{\text{p, AImax}}$ , дБА и  $L_{\text{p, Cpeak}}$ , дБС (таблица 3); в этом случае условия труда классифицируются как вредные и (или) опасные и требуется принятие соответствующих мер защиты.

Проведен анализ основных положений дифференцированного нормирования шума с учетом характера работ, принятых в Российской Федерации и за рубежом, дозо-эффективных зависимостей влияния шума и трудового процесса на проявление биологических эффектов, литературных данных о потенцирующем действии напряженности и шумов средних уровней, данных МОТ о влиянии шума на нарушение здоровья. Показано, что в условиях современного производства у работников с напряженными видами работ — высокими интеллектуальными, сенсорными, эмоциональными нагрузками и при уровнях шума, не превышающих установленный норматив (80 дБА) экстраауральные проявления влияния шума наступают значительно раньше, развиваются быстрыми темпами и в конечном итоге способствуют развитию потери слуха. Проведенные исследования свидетельствуют о сочетанном влиянии шума и высокой напряженности труда на проявление биологических эффектов, что позволяет говорить о напряженности труда как о патогенетическом факторе в развитии нарушений слуха и необходимости восстановления дифференцированных норм шума в СанПиН 1.2.3685–21.

Новая система регламентации шума, разработанная с учетом риск-ориентированного подхода, переориентирует гигиеническую профилактику на оценку риска нарушения здоровья и направлена на решение таких актуальных задач, как комплексное нормирование факторов, нормативно-методическое обеспечение системы социально-гигиенического мониторинга, создание моделей прогнозирования нарушений здоровья работающих, гармонизация отечественных нормативных правовых актов с международными стандартами ИСО, МЭК и другими, разработка технических регламентов, оценка влияния средств индивидуальной защиты на работников и т. п.

Современная система гигиенического нормирования шума направлена на оптимизацию условий труда и сохранение здоровья работников.

## Литература

1. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. — Дата доступа: 04.09.2023.
2. Суворов, Г. А. Гигиеническое нормирование производственных шумом и вибрации / Г. А. Суворов, Л. Н. Шкаринов, Э. И. Денисов. — М.: Медицина, 1984. — С. 16–24.
3. Профессиональные заболевания ЛОР-органов. Руководство для врачей / В. Б. Панкова [и др.]; под рук. И. В. Бухтиярова, Н. А. Дайхеса. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. — 552 с.

4. Окружающие факторы на рабочем месте. Инструкция МОТ. — Женева: Бюро Международной организации труда, 2001. — 74 с.

5. Охрана труда — основа будущего сферы труда. Опираясь на столетний опыт / Группа технической поддержки по вопросам достойного труда и Бюро МОТ для стран Восточной Европы и Центральной Азии. — М.: МОТ, 2019. — 75 с.

Поступила 13.09.2023

## СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА

*Разуванов А. И., к. м. н., doc-rai@yandex.by,  
Пацко А. И., calandiva86@mail.ru,  
Пастухова О. Д., pas2hov18021978@mail.ru,  
Михеденко Е. А., mihedenkoea@gmail.com*

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации», г. Минск, Республика Беларусь

Болезни системы кровообращения (далее — БСК) являются одной из основных причин потери трудоспособности в развитых странах. Большую часть пациентов составляют лица трудоспособного возраста, которые вносят существенный экономический вклад в развитие страны [1].

В структуре БСК большую часть составляет ишемическая болезнь сердца (далее — ИБС), одним из ярких проявлений которой является инфаркт миокарда. По сведениям Межгосударственного статистического комитета Содружества Независимых Государств (далее — СНГ), в странах СНГ болезни системы кровообращения занимают первое место среди причин инвалидности взрослого населения. В 2019 г. в странах СНГ показатель первичной заболеваемости болезнями системы кровообращения составил 2951 случай на 100 000 человек населения (в 2018 г. — 2991 случай). С диагнозом «болезни системы кровообращения» в 2019 г. впервые были признаны инвалидами 139 пациентов на 100 000 человек населения в возрасте 18 лет и старше [2].

В Республике Беларусь одним из ведущих расстройств, приводящих к формированию инвалидирующих ограничений жизнедеятельности в настоящее время, являются болезни системы кровообращения. В 2021 г. количество лиц в возрасте 18 лет и старше, впервые признанных инвалидами вследствие заболеваний системы кровообращения, составило 18 438 человек, а в 2022 г. — 19 589 человек [3].

Реабилитация лиц, имеющих те или иные последствия заболевания или травмы, и их социальная поддержка — один из ключевых приоритетов государственной социальной политики [4, 5].

Целью реабилитации лиц с инвалидностью является улучшение качества жизни, создание необходимых условий для достижения и сохранения их максимальной независимости и самостоятельности, индивидуальной мобильности, физических, умственных, социальных и профессиональных способностей и вовлечения во все сферы жизнедеятельности общества [4].

Законодательно совершенствуются положения, касающиеся вопросов разработки «индивидуальной программы реабилитации, абилитации инвалида» (далее — ИПРА) [5], на основании которой осуществляются реабилитация и абилитация людей с инвалидностью. На сегодняшний день ИПРА включает в себя: общие данные об инвалиде; информацию об условиях и характере труда, определяющую нуждаемость в исключении воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов (факторов производственной среды и факторов трудового процесса), виде выполняемых работ, а также требования к созданию необходимых условий для труда инвалида, организации специальных условий для получения инвалидом образования; раздел медицинской реабилитации, медицинской абилитации; раздел профессиональной реабилитации, профессиональной абилитации и трудовой реабилитации; раздел социальной реабилитации, социальной абилитации.

Соответственно, информация о социально-гигиенической характеристике пациентов с ИБС позволит дифференцированно подойти к пониманию их индивидуальных потребностей и сделать программу реабилитации более эффективной и доступной. Все это поможет не только восстановлению здоровья, но и улучшению качества жизни пациентов и снижению риска последующих сердечно-сосудистых осложнений.

Цель работы — представить социально-гигиеническую характеристику пациентов с ишемической болезнью сердца.

В ходе проспективного исследования был проведен анализ медицинской и иной документации 39 трудоспособных пациентов с ИБС (женщины до 58 лет, мужчины до 63 лет, средний возраст составил  $58,5 \pm 5,2$  года), направленных в ГУ «РНПЦ медицинской экспертизы и реабилитации» с целью уточнения степени выраженности имеющихся у них ограничений жизнедеятельности. В ходе исследования были проанализированы материалы медицинских карт амбулаторного больного (ф. 025/у), материалы карт аттестаций рабочих мест по условиям труда, заключения медико-реабилитационной экспертной комиссии (ф № 1-мсэ/у-09), трудовые книжки пациентов. Проведена профессиографическая оценка всех пациентов, включающая анализ клинико-функционального состояния, профессионально значимых нарушений, уровня образования и достигнутой квалификации, условий труда по данным, представленным нанимателем.

Статистический анализ проводился с использованием Microsoft Excel, а также приложения Vassarstats. Применялись методы описательной статистики. Для показателей, характеризующих качественные признаки, учитывались абсолютное число, относительная величина в процентах (%), при расчете погрешности относительной величины использовался 95%-й доверительный интервал (далее — ДИ).

В целом в исследуемой группе лиц преобладали представители возрастной группы «50–59 лет»: 51,3% (ДИ 36,2–66,1). Второе ранговое место занимала возрастная группа «60 лет и старше»: 43,6% (ДИ 29,3–59,0).

В сформированной выборке преобладали лица мужского пола — 92,3% (ДИ 79,7–97,4). Анализ данных исследуемых лиц с учетом места проживания показал, что количество городских жителей — 87,2% (ДИ 73,3–94,4) — существенно превышало число сельских жителей — 12,8% (ДИ 5,6–26,7).

Анализ уровня профессионального образования позволил сделать вывод о том, что 33,3% (ДИ 20,6–49,0) исследуемых пациентов имели профессионально-техническое образование. На уровне курсовой подготовки профессию освоили 30,8% (ДИ 18,6–46,4), на уровне среднего специального образования — 20,5% (ДИ 10,8–35,5), а высшего образования — 15,4% (ДИ 7,3–29,7), что отображено в таблице 1.

Таблица 1 — Характеристика исследуемой группы лиц по представленным признакам (n = 39)

Исследуемый показатель	Социальная категория				Всего	
	работают		не работают			
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Возрастная характеристика						
18–49 лет	1	5,9	1	4,5	2	5,1
50–59 лет	8	47,1	12	54,6	20	51,3
60 лет и старше	8	47,0	9	40,9	17	43,6
Всего	17	100	22	100	39	100
Отношение к месту жительства						
Городской житель	14	82,4	20	90,9	34	87,2
Житель сельской местности	3	17,6	2	9,1	5	12,8
Всего	17	100	22	100	39	100
Принадлежность к полу						
Женщины	1	5,9	2	9,1	3	7,7
Мужчины	16	94,1	20	90,9	36	92,3
Всего	17	100	22	100	39	100
Уровень профессионального образования						
Курсовая подготовка	7	41,2	5	22,7	12	30,8
Профессионально-техническое	3	17,6	10	45,5	13	33,3
Среднее специальное	4	23,5	4	18,2	8	20,5
Высшее	3	17,7	3	13,6	6	15,4
Всего	17	100	22	100	39	100

В ходе сравнительного анализа степени нарушения функции кровообращения и занятости пациентов было выявлено, что в исследуемой группе среди лиц с легкими или незначительными

нарушениями функции кровообращения работали 57,9% (ДИ 36,3–76,9), не были заняты трудом 42,1% (ДИ 23,1–63,7), а в группе с умеренным нарушением функции кровообращения работали 30,0% (ДИ 14,6–51,9), не были заняты трудом 70,0% (ДИ 48,1–85,5).

Среди неработающих относительно неблагоприятный клинико-трудовой прогноз был определен у 57,1% (ДИ 36,6–75,5). В исследуемой группе высокий и средний реабилитационные потенциалы были определены у 41,0% (ДИ 27,1–56,6), из них не заняты трудом 8 человек, что отражено в таблице 2.

Таблица 2 — Характеристика исследуемых лиц по степени нарушения функции кровообращения, клинико-трудовому прогнозу и реабилитационному потенциалу

Исследуемый показатель	Социальная категория				Всего	
	работают		не работают			
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Нарушения функции кровообращения (n = 39)						
Легкие или незначительные	11	57,9	8	42,1	19	48,7
Умеренные	6	30,0	14	70,0	20	51,3
Всего					39	100
Клинико-трудовой прогноз (n = 31)						
Относительно неблагоприятный	9	42,9	12	57,1	21	67,7
Сомнительный	3	30	7	70	10	32,3
Всего					31	100
Реабилитационный потенциал (n = 39)						
Высокий	7	53,8	6	46,2	13	33,3
Средний	1	33,3	2	66,7	3	7,7
Низкий	9	39,1	14	60,9	23	59,0
Всего					39	100

При выполнении профессиографического анализа было выявлено, что в исследуемой группе среди работающих пациентов условия труда по факторам производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса не превышали установленные гигиенические нормативы, то есть не влияли на клинико-трудовой прогноз и, как следствие, на установление группы инвалидности.

В ходе исследования было выявлено, что 22 пациента (56,4%; ДИ 41,0–70,7) с ИБС не были заняты трудом. У 21 пациента (67,7%; ДИ 38,6–68,4) клинико-трудовой прогноз, при котором существует необходимость умеренного ограничения способности к трудовой деятельности, был оценен как относительно неблагоприятный. Реабилитационный потенциал среди этих же лиц был оценен как высокий (прогнозирование полного восстановления или высокого уровня восстановления (компенсации) нарушенных функций органов и систем организма пациента (до незначительной или легкой степени)) и средний (прогнозирование восстановления (компенсации) нарушенных функций органов и систем организма пациента (до умеренной степени)) у 18 человек, что составляет 85,7% (ДИ 65,4–95,0). При этом у всех пациентов (100%) функция кровообращения была нарушена в легкой (незначительной) или умеренной степени, пациенты с выраженным или с резко выраженным нарушением этой функции отсутствовали. Все пациенты в исследуемой группе имели профессиональное образование, из них на уровне курсовой подготовки — 12 человек (30,8% (ДИ 18,6–46,4)), профессионально-технического образования — 13 человек (33,3% (ДИ 20,6–49,0)), среднего специального образования — 8 человек (20,5% (ДИ 10,8–35,5)), высшего образования — 6 человек (15,4% (ДИ 7,3–29,7)).

Таким образом, исследованный нами контингент пациентов имеет достаточный реабилитационный потенциал для реализации сформированных мероприятий, включенных в программу профессиональной и трудовой реабилитации, которая составлена с учетом уровня профессионального образования, профессионального (квалификационного) мастерства, имеющегося стажа и опыта работы, периода возможной трудовой занятости до достижения пенсии по возрасту с целью сохранения профессиональной трудоспособности за счет рационального подбора профессии (при необходимости профессиональной переподготовки), режима и условий труда с исключением противопоказанных факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса, а также с целью профилактики профессионально-трудовой и социальной дезадаптации.

## Литература

1. Глущенко, В. А. Сердечно-сосудистая заболеваемость — одна из важнейших проблем здравоохранения / В. А. Глущенко, Е. К. Иркиенко // Медицина и организация здравоохранения. — 2020. — Т. 4, № 1. — С. 56–63.
2. Заболеваемость, инвалидность и состояние здравоохранения в странах Содружества [Электронный ресурс] // Статкомитет СНГ. — Режим доступа: 39e4ecca-9a48-f491-267b-18e031d1162b. — Дата доступа: 20.08.2023.
3. Здравоохранение. Годовые данные [Электронный ресурс] // Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. — Режим доступа: [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/zdravoohranenie\\_2/godovye-dannye/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/zdravoohranenie_2/godovye-dannye/). — Дата доступа: 20.08.2023.
4. О правах инвалидов и их социальной интеграции [Электронный ресурс]: Закон Республики Беларусь от 30.06.2022 № 183-З // Печ. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2023.
5. О формах индивидуальной программы реабилитации, абилитации инвалида, ребенка-инвалида [Электронный ресурс]: Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 10.09.2021 № 96 // Печ. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2023.

Поступила 22.09.2023

## О ПРОФИЛАКТИКЕ РАЗВИТИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПРИ РАБОТЕ С ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

<sup>1</sup>Савченко О. А., к. б. н., [savchenkooa1969@mail.ru](mailto:savchenkooa1969@mail.ru),

<sup>1</sup>Новикова И. И., д. м. н., профессор, [novik\\_ir70@rambler.ru](mailto:novik_ir70@rambler.ru),

<sup>2</sup>Плотникова О. В., д. м. н., доцент, [olga.plotnikova7@mail.ru](mailto:olga.plotnikova7@mail.ru),

<sup>3</sup>Семенова Е. В., [elena26120@mail.ru](mailto:elena26120@mail.ru),

<sup>3</sup>Ступа С. С., [stupa\\_s73@mail.ru](mailto:stupa_s73@mail.ru),

<sup>4</sup>Костюк И. И., [ivan\\_kostiuk@mail.ru](mailto:ivan_kostiuk@mail.ru)

<sup>1</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека», г. Новосибирск, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации», г. Омск, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Новосибирской области», г. Новосибирск, Россия;

<sup>4</sup>Бюджетное учреждение здравоохранения Омской области «Территориальный центр медицины катастроф», г. Омск, Россия

Население Российской Федерации (далее — РФ) широко использует в повседневной деятельности информационно-коммуникационные устройства (далее — ИКУ) — это ряд технических устройств и приборов, которые принимают участие в приеме и передаче различной информации с применением различной микроэлектроники. К ним также относят персональные электронно-вычислительные машины (персональные компьютеры), аппараты копировально-множительной техники настольного типа, единичные стационарные копировально-множительные аппараты, используемые периодически для нужд самой организации, иную офисную организационную технику, а также бытовую технику, не используемую в технологическом процессе производства и др.), на рабочем месте, в быту, в компьютерных клубах и библиотеках. Причины распространения ИКУ во всех слоях общества связаны с небывалой скоростью получения и передачи визуальной информации, а также возможностью наиболее эффективного практического ее использования.

В настоящее время на территории РФ в соответствии с Федеральным законом от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (Собрание законодательства РФ, 1999, № 14, ст. 1650; 2020, № 29, ст. 4504) и постановлением Правительства РФ от 24.07.2000 № 554 «Об утверждении Положения о государственной санитарно-эпидемиологической службе

РФ и Положения о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании» (Собрание законодательства РФ, 2000, № 31, ст. 3295; 2005, № 39, ст. 3953) утверждены 01.01.2021 санитарные правила СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» со сроком их действия до 01.01.2027. Однако в этих руководящих документах отсутствуют сведения о предоставлении работодателем перерывов или ограничений по продолжительности работы работникам, связанным по роду деятельности с персональными электронными вычислительными машинами и копировально-множительной техникой, что в дальнейшем может приводить к развитию профессиональных заболеваний у работников, использующих в работе ИКУ. У лиц, профессиональная деятельность которых связана с работой на компьютере, наблюдается развитие болезней опорно-двигательного аппарата в 3,1 раза, нарушений центральной нервной системы — в 4,6 раза, заболеваний сердечно-сосудистой системы — в 2 раза, патологии дыхательных путей — в 1,9 раза чаще, чем у лиц, занятых другими видами деятельности. К числу самых распространенных и серьезных последствий продолжительной работы с использованием ИКУ относятся переутомление глаз, развитие близорукости и ухудшение зрения. Существенным фактором развития зрительного утомления является длительность непрерывного наблюдения за экраном видеомонитора. Первые признаки астенопии (быстро нарастающее утомление глаз во время зрительной работы, особенно при малом расстоянии от глаза до объекта) наблюдаются уже через 45 минут непрерывной работы. В случае более 4 часов работы с использованием ИКУ пребывание у экрана может приводить к переутомлению, о чем свидетельствует чувство дискомфорта после трудового дня. Особые трудности возникают при работе на компьютере в ночное время. Снижение работоспособности в эти часы наступает значительно раньше, выражено сильнее и в большей степени зависит от особенностей изображения на экране. Длительная работа с ИКУ может привести к гиподинамии, формированию синдрома запястного канала, снижению скорости восприятия и переработки информации.

Принимая как очевидное, что развитие компьютерных технологий несет ярко выраженный положительный эффект всему человечеству в пользовании средствами коммуникации, получения и передачи информации, зашифрованной в электронном виде, также следует учитывать и отрицательные последствия для здоровья пользователей этих электронных технологий, потому необходимо активно разрабатывать и внедрять профилактические меры, направленные на защиту здоровья работающих с ИКУ.

Решением данного вопроса может стать развитие системы дополнительных профилактических мероприятий [1] по предупреждению негативного влияния производственных факторов на состояние здоровья работников [2], которая строится на основе профилактической работы с населением [3] при выполнении руководством предприятий, организаций, учреждений ряда организационно-административных, инженерно-технических, планировочно-строительных, эргономических условий, а также требований по медицинскому обеспечению (обслуживанию) своих работников (пользователей ИКУ), приобщению их к здоровому образу жизни (далее — ЗОЖ) [4, 5]. Кроме того, введение работодателем регламентированных коротких профилактических перерывов (с переключением работников на другой вид деятельности) после каждых 1–2 часов работы за ИКУ является хорошим средством профилактики зрительного переутомления и сохранения здоровья работников.

*Организационно-административные условия профилактики профессиональной заболеваемости работающих с ИКУ.* Руководителями предприятий, организаций и учреждений должен осуществляться плановый профилактический производственный контроль за состоянием здоровья работников на основе действующих Санитарных правил и норм с обязательным выполнением гигиенических (профилактических, в том числе и дополнительных мероприятий) и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на предупреждение возникновения заболеваний у работников, использующих по роду своей деятельности ИКУ.

Руководители всех рангов обязаны осуществлять производственный контроль за условиями труда, разрабатывать и проводить санитарно-противоэпидемические (профилактические) мероприятия, предусмотренные СП 1.1.1058-01 «Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий». Обеспечить для работника на рабочем месте (с постоянным или непостоянным пребыванием в них людей) отсутствие негативного воздействия факторов производственной среды и трудового процесса (в соответствии с гигиеническими нормативами).

*Профилактические рекомендации к помещениям для работы с ИКУ.* Размещение рабочих мест с ИКУ во всех образовательных и культурно-развлекательных учреждениях для детей и подростков в цокольных и подвальных помещениях не допускается. Площадь на одно постоянное рабочее место пользователей персональных компьютеров на базе электронно-лучевой трубки должна составлять



не менее 6 м<sup>2</sup>, в помещениях культурно-развлекательных учреждений на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) — не менее 4,5 м<sup>2</sup>.

Персональные компьютеры следует размещать таким образом, чтобы показатели освещенности не превышали установленных гигиенических нормативов, утвержденных в соответствии с п. 2 ст. 38 Федерального закона от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». Помещения для работы с ИКУ не должны граничить с помещениями, в которых уровни шума и вибрации превышают нормируемые значения, и должны оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточно-вытяжной вентиляцией. Кроме того, они должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации. Не следует размещать рабочие места с ИКУ вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе компьютеров. Для внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ИКУ, должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка 0,7–0,8; для стен — 0,5–0,6; для пола — 0,3–0,5. В дошкольных и всех учебных учреждениях запрещается для отделки помещений применять полимерные материалы, выделяющие в воздух вредные химические вещества.

Помещения с ИКУ должны иметь *естественное и искусственное освещение*. Оснащение светопроницаемых конструкций и оконных проемов должно позволять регулировать параметры световой среды в помещении.

*Естественное освещение* должно осуществляться через окна, ориентированные преимущественно на север и северо-восток, и обеспечивать коэффициент естественной освещенности не ниже 1,2 % в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5 % на остальной территории. Рабочие столы следует размещать так, чтобы видеомониторы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева. Оконные проемы помещений должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

*Искусственное освещение* должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях в случаях преимущественной работы с документами допускается применение системы комбинированного освещения. При этом к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочих документов должна быть 300–500 лк. Местное освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана видеомонитора и увеличивать его освещенность более 300 лк. Прямую блескость от источников освещения следует ограничивать, причем яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м<sup>2</sup>. Также необходимо ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения. В качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы. При устройстве отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп мощностью до 250 Вт. Допускается применение ламп накаливания, в том числе и галогенных, в светильниках местного освещения.

В помещениях, где проводятся работы с ИКУ, температура на рабочем месте (по СанПиН в 2023 г.), относительная влажность и скорость движения воздуха на рабочих местах должны соответствовать СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» и действующим санитарным нормам микроклимата производственных помещений (таблица 1).

Таблица 1 — Оптимальные нормы микроклимата для помещений с ИКУ

Период года	Категория работ	Температура воздуха, 0 °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин		
Холодный	легкая — 1а	20,0–21,9	24,1–25,0	40–60	0,1
	легкая — 1б	19,0–20,9	23,1–24,0	40–60	0,1
Теплый	легкая — 1а	21,0–22,9	25,1–28,0	40–60	0,1
	легкая — 1б	20,0–21,9	24,1–28,0	40–60	0,2

Примечания: к категории 1а относятся работы, производимые сидя и не требующие физического напряжения, при которых расход энергии составляет до 120 ккал/ч; к категории 1б относятся работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением, при которых расход энергии составляет от 120 до 150 ккал/ч.

В помещениях, оборудованных компьютерами, проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ИКУ. Уровни положительных и отрицательных аэроионов в воздухе помещений с ИКУ должны соответствовать гигиеническим нормативам.

Содержание вредных химических веществ в воздухе производственных помещений, в которых работа с использованием ИКУ является вспомогательной, не должно превышать предельно допустимых концентраций (далее — ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны в соответствии с действующими гигиеническими нормативами, а в производственных помещениях, в которых работа с использованием компьютеров является основной, не должно превышать ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест в соответствии с действующими гигиеническими нормативами.

Уровень шума на рабочих местах при выполнении основной работы на ИКУ (операторские, диспетчерские, посты управления и др.), а также во всех учебных и детских дошкольных учреждениях с ИКУ не должен превышать 50 дБА. Уровень шума в помещениях, где работают сотрудники, осуществляющие лабораторный, аналитический и измерительный контроль, не должен превышать 60 дБА. Уровень шума на рабочих местах в помещениях для размещения шумных агрегатов (копировально-множительная техника — плоттеры, принтеры и др.) не должен превышать 75 дБА.

Уровень вибрации на рабочих местах с использованием компьютеров в производственных помещениях не должен превышать допустимых значений в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами. В помещениях всех типов образовательных и культурно-развлекательных учреждений, в которых эксплуатируются ИКУ, уровень вибрации не должен превышать допустимых значений для жилых и общественных зданий в соответствии с действующими гигиеническими нормативами.

*Профилактические мероприятия по организации и соблюдению режима труда и отдыха при работе с ИКУ.* Режимы труда и отдыха при работе с ИКУ должны организовываться в зависимости от вида и категории трудовой деятельности.

Виды трудовой деятельности разделяются на 3 группы:

– группа А — работа по считыванию информации с экрана видеомонитора с предварительным запросом;

– группа Б — работа по вводу информации;

– группа В — творческая работа в режиме диалога с ИКУ.

При выполнении в течение рабочей смены работ, относящихся к разным видам трудовой деятельности, за основную работу с ИКУ следует принимать такую, которая занимает не менее 50 % времени в течение рабочей смены или рабочего дня.

Для видов трудовой деятельности рекомендуется устанавливать 3 категории тяжести и напряженности при работе с ИКУ (таблица 2).

Таблица 2 — Время рекомендованных перерывов в зависимости от продолжительности рабочей смены, вида и категории трудовой деятельности с ИКУ

Категория работы с ИКУ	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ИКУ			Суммарное время, рекомендуемых перерывов, мин	
	группа А, количество знаков	группа Б, количество знаков	группа В, ч	при 8-часовой смене	при 12-часовой смене
I	до 20 000	до 15 000	до 2,0	30	70
II	до 40 000	до 30 000	до 4,0	50	90
III	до 60 000	до 40 000	до 6,0	70	120

Время кратковременных профилактических перерывов в течение рабочей смены следует устанавливать в зависимости от ее продолжительности, вида и категории трудовой деятельности. При работе с ИКУ в ночную смену (с 22 до 6 часов), независимо от категории и вида трудовой деятельности, продолжительность регламентированных перерывов должна увеличиваться на 60 минут. При 8-часовой рабочей смене и работе с использованием ИКУ кратковременные профилактические перерывы рекомендуется устанавливать: для I категории работ — через 1–2 часа от начала рабочей

смены и через 2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый; для II категории работ — через 1–2 часа от начала рабочей смены и через 1,5–2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый или продолжительностью 10 минут через каждый час работы; для III категории работ — через 1,5–2,0 часа от начала рабочей смены и через 1,5–2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 20 минут каждый или продолжительностью 15 минут через каждый час работы. При 12-часовой рабочей смене регламентированные перерывы должны устанавливаться в первые 8 часов работы аналогично перерывам при 8-часовой рабочей смене, а в течение последующих 4 часов работы, независимо от категории и вида работ, через каждый час продолжительностью 15 минут. Для уменьшения отрицательного влияния зрительного переутомления, монотонии и гипотонии при работе с ИКУ целесообразно изменять содержание работы (вид деятельности) и выполнять комплексы гимнастических упражнений во время краткосрочных перерывов в трудовой деятельности.

Таким образом, в настоящее время на территории РФ отмечается противоречие между наличием потребности работников в сохранении индивидуального здоровья при работе с ИКУ и отсутствием законодательно установленных требований к условиям труда. Для сохранения здоровья работников работодателям рекомендуется строгое выполнение организационно-административных, инженерно-технических, планировочно-строительных, эргономических условий, а также контроль за соблюдением работниками (пользователями ИКУ) режимов труда и отдыха, прохождением периодических медицинских обследований состояния здоровья (диспансеризация), приобщением к ЗОЖ.

### Литература

1. Климов, В. В. Модель дополнительных профилактических мероприятий, направленных на предотвращение негативных изменений здоровья курсантов / В. В. Климов, И. И. Новикова, О. А. Савченко // Медицина труда и промышл. экология. — 2023. — Т. 63, № 3. — С. 155–162.
2. Производственные факторы кардиоваскулярного риска и их роль в развитии инсульта: моногр. / И. И. Новикова [и др.]; под ред. Е. Л. Потеряевой. — Омск: Изд-во ОмГА, 2023. — 132 с.
3. Организация профилактической работы с населением сельской местности (на примере крупного агропромышленного региона Сибири) / В. Г. Бережной [и др.] // Наука о человеке: гуманитарные исследования. — 2014. — № 2(16). — С. 56–62.
4. Савченко, О. А. Сохрани и преумножь или искусство быть здоровым / О. А. Савченко. — СПб.; Омск: ОФ ВА МТО, 2017. — 120 с.
5. Основы гигиенических знаний и здорового образа жизни: учеб. пособие / сост. О. А. Савченко [и др.]. — Омск: Изд-во ОмГА, 2021. — 143 с.

Поступила 06.09.2023

## ВЛИЯНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ МЕДИЦИНСКИХ СЕСТЕР В ВОЗРАСТНОМ АСПЕКТЕ ПО ДАННЫМ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

Смагулов Н. К., [msmagulov@yandex.ru](mailto:msmagulov@yandex.ru),  
Агеев Д. В.

Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский университет имени академика  
Е. А. Букетова», г. Караганда, Республика Казахстан

В условиях постоянного напряжения регуляторных систем, воздействия комплекса стрессорных факторов проблема хронического стресса для отдельных профессиональных групп особенно важна [1]. А поскольку адаптационные реакции обладают индивидуальностью и у лиц с различной степенью участия функциональных систем реализуются неодинаково, необходимы методы их оценки.

Одним из адекватных методов оценки уровня стресса является анализ вариабельности сердечного ритма (далее — ВСР) [2]. Математический анализ сердечного ритма — достаточно эффективный методический подход для изучения процессов адаптации, регуляторных процессов ВНС к различным видам нагрузок [3]. Задачи математического анализа сердечного ритма как раз и заключаются в том, чтобы на основе оценки активности по последовательности RR-интервалов, по вариациям их дли-

тельности синусового узла оценить состояние не только системы управления, но и ее отдельных уровней. А сам синусовый узел рассматривался как в аспекте автоматии сердца, так и как индикатор деятельности более высоких уровней управления. Анализ регуляторных механизмов деятельности сердца на основе математических показателей сердечного ритма дает возможность оценить направленность и интенсивность реакций, определить их адекватность, «физиологическую стоимость» работы и характер ее влияния на функциональное состояние [4].

Цель работы — изучить влияние профессиональной деятельности на функциональное состояние медицинских сестер в возрастном аспекте по данным variability сердечного ритма.

Объект исследования — 109 медицинских сестер г. Караганды. Разделение проведено по возрасту: 1-я возрастная группа — в возрасте до 30 лет, 2-я группа — 30–45 лет и 3-я группа — более 45 лет.

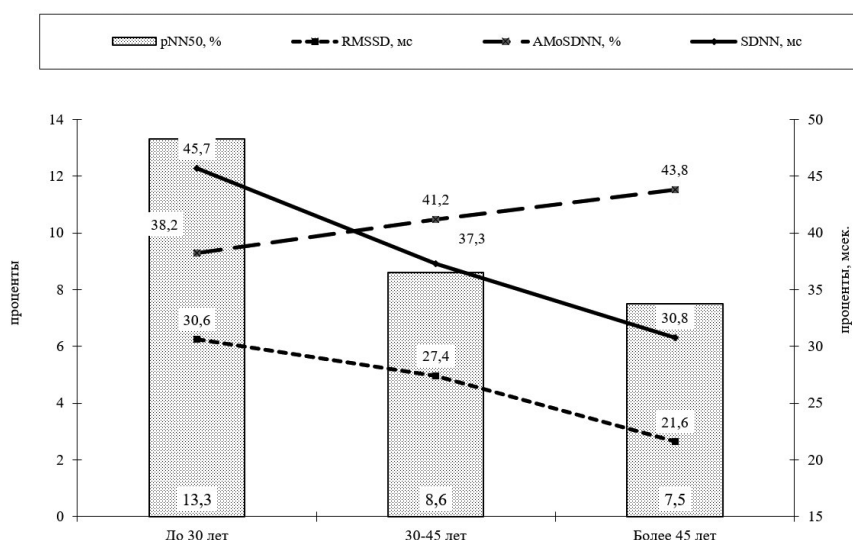
Анализ сердечного ритма проводился программно-аппаратурным комплексом «Варикард — 2.4» методом статистической оценки variability сердечного ритма по методике [2]. Условные обозначения показателей ВРС, используемые в работе, соответствуют международным стандартам оценки ВРС и ориентировочным нормативам. Анализировались следующие статистические параметры ритма сердца: средний RR-интервал (математическое ожидание (далее — Mean)), амплитуда моды — число кардиоинтервалов, соответствующих по значению наиболее часто встречающейся величине, сигма — среднеквадратичное отклонение последовательных RR-интервалов (далее — SDNN); стандартное отклонение разности последовательных RR-интервалов (далее — RMSSD); частота последовательных RR-интервалов с разностью более 50 мсек (далее — pNN50, %), индекс напряжения (стресс индекс (далее — SI)) регуляторных систем, характеризующий степень централизации управления ритмом сердца. Оценка периодических составляющих ритма сердца проводилась с помощью спектрального анализа. Для анализа рассчитывались частотные характеристики: общая мощность спектра (далее — TP), мощность в высокочастотном (далее — HF), низкочастотном (далее — LF) и очень низкочастотном (далее — VLF) диапазонах. Активность регуляторных систем сердечного ритма оценивалась по индексу централизации ( $IC = TP / HF$ ), уровень активации подкорковых нервных центров оценивался по расчетному значению, характеризующему активность регуляторных систем (далее — ПАРС) [2].

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием пакета программ Statistica общепринятыми методами с вычислением математического ожидания, его ошибки и критерия достоверности Стьюдента ( $t$ ). Достоверными считались сдвиги при  $p < 0,05$ .

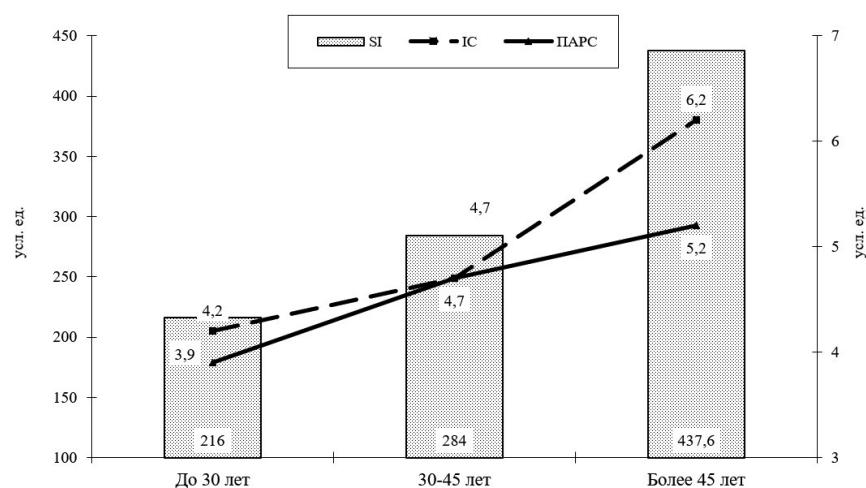
Как показал анализ результатов статистического анализа сердечного ритма у медицинских сестер, в возрастной динамике отмечались достоверные различия по отдельным показателям сердечного ритма. Со стороны среднего значения динамического ряда RR-интервалов (Mean) достоверных различий в возрастной динамике не отмечалось. А поскольку Mean есть обратная величина от частоты сердечных сокращений ( $ЧСС = 60 / \text{Mean}$ ), то из динамики ЧСС следует, что у медицинских сестер нарастание напряжения со стороны сердечно-сосудистой системы не отмечалось, что свидетельствует о хороших компенсаторных механизмах. Однако «цена» подобной компенсации с возрастом увеличивается, о чем свидетельствует динамика показателей, характеризующих активность различных отделов вегетативной нервной системы. Так, отмечается достоверное снижение в возрастной динамике показателей, характеризующих степень преобладания парасимпатического звена регуляции над симпатическим (pNN50) и активность парасимпатического звена вегетативной регуляции (RMSSD) с  $13,3 \pm 1,65\%$  и  $30,6 \pm 3,21$  мсек соответственно в 1-й возрастной группе (до 30 лет) до  $7,5 \pm 1,44\%$  и  $21,6 \pm 3,14$  мсек ( $p < 0,05$ ) в 3-й группе (более 45 лет) и возрастание активности симпатического звена регуляции с  $38,2 \pm 0,55\%$  до  $43,8 \pm 1,51\%$  ( $p < 0,05$ ).

Следовательно, у медицинских сестер адаптационный процесс сопровождается напряжением механизмов регуляции и характеризуется снижением степени преобладания парасимпатического звена над симпатическим и возрастанием уровня централизации управления сердечным ритмом. Об этом свидетельствует и динамика таких показателей, как SI и IC (рисунок 2).

Так, отмечалось возрастание показателей SI и IC с  $216 \pm 42,5$  усл. ед. и  $4,2 \pm 0,68$  усл. ед. соответственно в 1-й возрастной группе до  $437,6 \pm 47,9$  усл. ед. и  $6,2 \pm 0,76$  усл. ед. ( $p < 0,05$ ) в 3-й группе. А поскольку SI характеризует степень напряжения регуляторных систем, что выражается в уровне преобладания активности центральных механизмов над автономными механизмами регуляции, а IC отражает уровень централизации управления ритмом сердца, что выражается в степени преобладания активности центрального контура над автономным контуром регуляции, можно сделать вывод, что у медицинских сестер 3-й возрастной группы (более 45 лет) центральные механизмы более активны в сравнении с медицинскими сестрами 1-й возрастной группы (до 30 лет), что также указывает на рост напряжения в процессе адаптации к трудовой деятельности медицинских сестер.



**Рисунок 1 – Возрастная динамика показателей pNN50, RMSSD, AMoSDNN и SDNN у медицинских сестер**

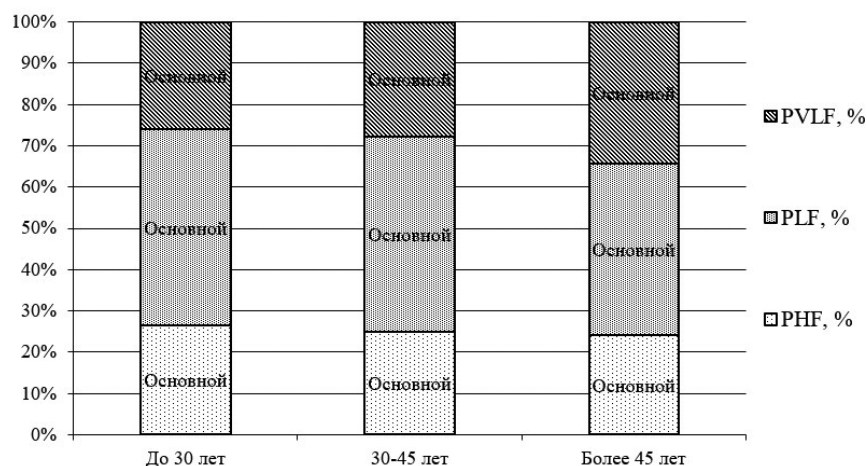


**Рисунок 2 – Возрастная динамика уровня SI, IC и ПАРС у медицинских сестер**

Оценка уровня напряжения регуляторных механизмов по значениям ПАРС показала (рисунок 2), что функциональное состояние медицинских сестер в возрастной динамике в 1-й возрастной группе составляло  $3,9 \pm 0,41$  усл. ед., что соответствует уровню «выраженного» (ПАРС = 4), и в 3-й группе достигает  $5,2 \pm 0,31$  усл. ед., что соответствует уровню «резко выраженного» (ПАРС = 5) функционального напряжения.

Поскольку стоимость работы последнего представляет собой сумму многочисленных регуляторных комбинаций или состояния адаптивного стресса, то при оценке эффективности адаптации стоит рассматривать оба показателя основных элементов как признаки стресса на уровнях управления ФС иерархии [5].

Спектральный анализ может обеспечить точную количественную оценку периодических процессов, происходящих в ритме сердца (рисунок 3). Возрастная динамика показателей, характеризующих мощность спектра HF, LF, VLF компонентов variability в % от суммарной мощности колебаний, показала, что с увеличением возраста медицинских сестер у них отмечается снижение парасимпатического звена регуляции (далее – PNF), вазомоторного центра (далее – PLF) с  $27,1 \pm 3,45\%$  и  $48,6 \pm 2,81\%$  соответственно в 1-й возрастной группе до  $24 \pm 3,32\%$  и  $41,1 \pm 2,26\%$  ( $p < 0,05$ ) в 3-й группе и увеличение активности симпатического звена регуляции (далее – PVLF) с  $26,7 \pm 2,26\%$  в 1-й до  $34,1 \pm 2,46\%$  ( $p < 0,05$ ) в 3-й группе.



**Рисунок 3 – Процентное соотношение показателей мощностей спектров PVLf, PLf, PNF у медицинских сестер**

Следовательно, у медицинских сестер адаптационный процесс в возрастной динамике сопровождается напряжением механизмов регуляции и характеризуется снижением степени преобладания над симпатическим звеном парасимпатического и увеличением степени централизации управления сердечным ритмом, которая свидетельствует об усилении активности симпатической ВНС, то есть переходе от трофотропной функции (энергосбережения и питания), когда отмечается активация парасимпатической ВНС, к эрготропной функции (расход энергии).

## Литература

1. *Васенина, Е. Е.* Хронический стресс и астения / Е. Е. Васенина, О. А. Ганькина // *Лечебное дело.* — 2023. — № 1. — С. 29–38.
2. *Баевский, Р.* Анализ variability сердечного ритма: физиологические основы и основные методы проведения / Р. Баевский, А. Черникова // *Cardiometry.* — 2017. — № 10. — С. 68–80.
3. *Шлык, Н. И.* Оценка качества тренировочного процесса у лыжников-гонщиков и биатлонистов по результатам ежедневных исследований variability сердечного ритма / Н. И. Шлык, Е. С. Лебедев, О. С. Вершинина // *Наука и спорт: современные тенденции.* — 2019. — № 2(7). — С. 92–105.
4. Анализ variability сердечного ритма в анестезиологии и интенсивной терапии (обзор литературы) [Электронный ресурс] / А. А. Иванова [и др.] // *Современные проблемы науки и образования.* — 2023. — № 4. — Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32894>. — Дата доступа: 22.09.2023.
5. *Никулина, М. В.* Опыт оценки variability сердечного ритма по сглаженным кардиоинтервалограммам / М. В. Никулина, В. А. Антонец // *Изв. высш. учеб. заведений. Прикладная нелинейная динамика.* — 2022. — Т. 30, № 2. — С. 179–188.

Поступила 15.09.2023

## ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ РАБОТАЮЩИХ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

*Соловьева И. В., к. т. н., physical.factors@rspch.by,*  
*Кравцов А. В., physical.factors@rspch.by,*  
*Арбузов И. В., lkp\_ff@mail.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Разработка и внедрение эффективных мероприятий по предупреждению негативного влияния и профилактике риска здоровью работающих в связи с воздействием физических факторов является сегодня актуальной проблемой, в том числе для такого фактора, как постоянное магнитное поле.

В медицине главной областью применения магнитных полей являются диагностика и магнитотерапия. И если использование небольших уровней постоянного магнитного поля дает терапевтический эффект для организма человека, то уровни постоянного магнитного поля на рабочих местах в области медицинской диагностики могут превышать предельно допустимые в десятки раз. По данным исследований, проведенных специалистами государственного предприятия «НПЦГ», на рабочих местах медицинских работников и обслуживающего персонала кабинетов магнитно-резонансной томографии наблюдаются уровни магнитного поля, превышающие предельно допустимые от 10 до 100 раз [1, 2].

Воздействие постоянного магнитного поля на живые организмы заключается в магнитно-механическом эффекте, при котором изменяется ориентация биологических структур под действием сильных магнитных полей, и в электродинамическом взаимодействии с ионными токами, такими как кровоток или нервная импульсная проводимость. Основными системами-мишенями воздействия постоянного магнитного поля являются сердечно-сосудистая и нервная системы человека [3, 4].

Для корректного обоснования приоритетных мероприятий, направленных на устранение или снижение степени риска здоровью персонала от воздействия постоянного магнитного поля на рабочих местах, мы посчитали весьма важным оценить возможный ущерб здоровью человека.

В рамках задания 03.02. «Разработать методологию оценки риска здоровью работающих при различных дозо-временных нагрузках воздействия постоянного магнитного поля на рабочих местах» подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг» специалистами государственного предприятия «НПЦГ» проводилась разработка критериев и модели определения риска воздействия постоянного магнитного поля на работающих. Для разработки критериев и модели определения риска воздействия индукции постоянного магнитного поля на работников были выполнены комплексные гигиенические исследования, включающие:

- изучение фактических уровней воздействия постоянного магнитного поля на рабочих местах и определение зон пребывания работников;
- определение дозо-временных нагрузок постоянного магнитного поля на работников на основе инструментальных измерений уровней постоянного магнитного поля в зонах возможного пребывания работников и времени нахождения их в этих зонах;
- изучение субъективной реакции работников на воздействие постоянного магнитного поля;
- оценку влияния постоянного магнитного поля на работников на основе физиолого-гигиенических исследований состояния нервной, сердечно-сосудистой систем.

В настоящей статье представлены результаты физиолого-гигиенических исследований функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем у медицинского персонала кабинетов магнитно-резонансной томографии, работающего в условиях воздействия постоянного магнитного поля, с учетом дозо-временной нагрузки.

Для оценки дозо-временной нагрузки на 30 рабочих местах медицинского персонала кабинетов магнитно-резонансной томографии рассчитывали средневзвешенный уровень магнитной индукции, который является количественной характеристикой действия постоянного магнитного поля и определяется относительно продолжительности рабочего дня или рабочей недели сложением произведений уровней магнитной индукции и времени воздействия. На рабочих местах медицинского персонала кабинетов магнитно-резонансной томографии минимальный средневзвешенный уровень магнитной индукции постоянного магнитного поля составил 21 420,68 мТл, максимальный — 61 888,79 мТл.

Изучение функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем проводили в экспонируемой группе, состоящей из 30 врачей и рентген-лаборантов мужского и женского пола кабинетов магнитно-резонансной томографии медицинских учреждений здравоохранения г. Минска и Минского района. В исследованных кабинетах эксплуатируются аппараты с номинальным уровнем излучения 1,5 Тл, наиболее распространенные в Республике Беларусь. Контрольную группу составляли работники, не подвергающиеся воздействию постоянного магнитного поля, работающие с ПЭВМ до 50 % рабочего дня в организации, подчиняющейся Министерству здравоохранения Республики Беларусь. Исследования проведены в реальных условиях производственной среды. Статистически значимых отличий между группами по возрасту и полу не отмечалось.

Оценка функционального состояния нервной системы проводилась до и после рабочего дня с использованием экспресс-методики «Теппинг-тест», которая позволяет диагностировать силу нервных процессов путем измерения динамики темпа движений кисти, метода простой зрительно-моторной реакции, позволяющего определять скрытое время рефлекторной реакции на световой раздражитель и предназначенного для диагностики концентрации и устойчивости внимания, за-

висящих от свойств нервных процессов, а также метода помехоустойчивости, характеризующего способность человека сопротивляться воздействию фоновых помех при восприятии какого-либо объекта. О функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы судили по результатам измерения частоты сердечных сокращений и артериального давления в покое и после нагрузки, а также рассчитанным по ним гемодинамическим показателям (коэффициенту выносливости, индексу Робинсона, коэффициенту экономинизации кровообращения, индексу функциональных изменений, уровню функционального состояния).

Для выявления зависимостей показателей функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем медицинского персонала от уровней магнитной индукции постоянного магнитного поля использовали корреляционный анализ. Степень согласованности изменений показателей осуществлялась с помощью коэффициента корреляции Пирсона ( $r$ ) и регрессионного анализа, оценка силы связей проводилась по шкале Чеддока. Статистический анализ полученных данных проводился с помощью Microsoft Excel и пакета программ Statistica 10.0. Значения представлены в виде Me (медиана), Q25 (25-й процентиль), Q75 (75-й процентиль). При сравнении использовался непараметрический метод статистической обработки 2 связанных выборок — критерий Вилкоксона. Критический уровень значимости ( $p$ ) при проверке статистических гипотез принимался 0,05.

Полученные результаты по экспресс-методике «Теппинг-тест» показали, что у экспонируемой группы медицинских работников в конце смены наблюдались признаки уменьшения уровня лабильности и выносливости, при схожей картине незначительных изменений у работников контрольной группы. Оценка результатов исследований простой зрительно-моторной реакции показала, что среднее время реакции у экспонируемой группы после рабочей смены составило 210,5 (193,8–252,7) мсек, что было выше данного показателя до начала рабочей смены — 205,9 (191,8–220,5) мсек. При этом у медицинского персонала изменения времени реакции после рабочей смены находились в пределах колебаний исходного уровня 219,0 (202,8–246,4) мсек. Дополнительные показатели состояния нервной системы: функциональный уровень системы, устойчивость реакции и уровень функциональных возможностей, рассчитанные с помощью программного обеспечения, у работников экспонируемой группы до и после рабочего дня существенно не отличались [4].

При анализе полученных результатов изучения устойчивости к действию помех выявлено, что у медицинского персонала экспонируемой группы устойчивость реакции и уровень функциональной возможности к помехам в конце рабочей смены не изменялись. При этом показатель функционального уровня системы статистически значимо снизился до 3,2 (3,1–3,5) по сравнению с исходным уровнем 3,3 (3,2–3,6) при сильной прямой зависимости от средневзвешенного уровня магнитной индукции постоянного магнитного поля ( $R^2 = 0,676$ ;  $p < 0,05$ ) [4].

Точные реакции на движущийся объект в группе медицинского персонала, работающего в условиях воздействия постоянного магнитного поля, после рабочей смены снижались ( $p < 0,05$ ) до 19,0 (13,0–24,0) по сравнению с исходным показателем 26,0 (19,0–29,0). Число реакций опережения возрастало на 44 % ( $p < 0,05$ ) в конце рабочего дня до 18,0 (9,0–23,0) по сравнению с исходным уровнем 12,5 (8,0–19,0), изменений числа запаздывающих реакций не зарегистрировано. При этом соотношение числа преждевременных и запаздывающих реакций составляло 1,6 после работы и являлось статистически значимым, до начала рабочего дня различия отсутствовали [4]. Число точных и опережающих реакций до и после рабочего дня незначительно отличалось от данных показателей группы контроля, число запаздывающих реакций после смены у экспонируемой группы было выше на 35,3 % ( $p < 0,05$ ), чем у контрольной группы, которые составляли 8,5 (5,0–16,0) усл. ед. Кроме того, после рабочей смены реакции запаздывания на движущийся объект обладали прямой сильной связью со средневзвешенными уровнями индукции постоянного магнитного поля ( $r = 0,94$ ;  $p < 0,05$ ) на рабочих местах исследуемой группы.

Артериальное давление и частота сердечных сокращений у медицинского персонала экспонируемой группы находились в пределах физиологической нормы до и после рабочего дня и составляли: систолическое давление — 132,5 (127,0–139,0) и 129,0 (124,0–132,0) мм рт. ст. соответственно, которое умеренно зависит от средневзвешенного уровня индукции постоянного магнитного поля при коэффициенте множественной корреляции, равном 0,618 ( $p < 0,05$ ). Диастолическое давление у медицинского персонала экспонируемой группы до и после рабочего дня составляло 81,0 (73,0–87,0) и 81,0 (77,0–85,0) мм рт. ст. соответственно, частота сердечных сокращений при числе ударов — 72,5 (68,0–78,0) и 74,5 (68,0–80,0). У работников контрольной группы артериальное давление также не изменялось и находилось на исходном уровне после рабочей смены: систолическое артериальное давление — 117,0 (107,0–125,0) мм рт. ст., диастолическое артериальное давление — 79,5 (69,0–85,0) мм рт. ст. При этом у работников экспонируемой группы отмечалось уменьшение ( $p < 0,05$ ) пульсового давления на 9,4 % к исходному 53,0 (46,0–59,0) мм рт. ст., которое можно



расценивать как проявление адаптационных процессов организма человека к факторам окружающей среды. У работников контрольной группы отсутствовали изменения пульсового давления. Минутный объем крови в экспонируемой группе имел тенденцию к уменьшению в конце рабочего дня до 3364,9 (2920,0–3946,6) см<sup>3</sup>/мин при исходном 3614,9 (2990,6–4061,5) см<sup>3</sup>/мин и был выше минутного объема крови у работников контрольной группы при значениях от 2781,0 до 2927,8 см<sup>3</sup>/мин.

Оценка адаптационных и функциональных нарушений состояния сердечно-сосудистой системы была проведена на основании расчета ряда интегральных показателей: коэффициента выносливости, который после рабочей смены у экспонируемой группы незначительно уменьшался к исходному уровню; у работников, не подвергающихся воздействию постоянного магнитного поля, изменения отсутствовали. Следует отметить, что после работы коэффициент выносливости у экспонируемой группы был выше нормируемого показателя, что указывает на плохую способность сердечно-сосудистой системы противостоять нагрузкам. Кроме того, у медицинского персонала экспонируемой группы индекс Робинсона после рабочей смены составлял 96,3 (88,4–104,5) и изменялся незначительно по сравнению с исходным показателем 95,6 (87,6–101,6); у работников контрольной группы индекс Робинсона статистически значимо уменьшался на 3,1 % до 83,6 (75,9–86,3). Уровень функциональной способности работников экспонируемой группы после рабочей смены составлял 0,87 (0,8–0,9) и увеличивался на 67,3 % ( $p < 0,05$ ) по отношению к исходному показателю до рабочей смены 0,52 (0,46–0,59). У контрольной группы также отмечалось увеличение функционального уровня сердечно-сосудистой системы на 66,7 % до 1,0 (0,9–1,1), что может свидетельствовать об увеличении нагрузки на сердечно-сосудистую систему обследованных работников обеих групп в динамике рабочей смены. При этом после рабочей смены отмечалось снижение на 7,5 % сердечного выброса у работников экспонируемой группы до уровня 1567,8 (1378,5–1883,7) л/мин × м<sup>2</sup>, у работников контрольной группы отмечалось снижение на 6,7 % до уровня 1537,6 (1367,9–1757,9) л/мин × м<sup>2</sup>. Анализ состояния общего периферического сопротивления сосудов показал, что у работников экспонируемой группы отмечалось некоторое уменьшение данного показателя в пределах физиологической нормы до 105,9 (96,1–122,2) и некоторое увеличение на 6,6 % у работников контрольной группы до 152,1 (122,8–168,4) усл. ед.

Таким образом, результаты проведенных физиолого-гигиенических исследований медицинского персонала кабинетов магнитно-резонансной томографии свидетельствуют о статистически значимой зависимости функционального состояния нервной системы и работоспособности от средневзвешенных уровней магнитной индукции постоянного магнитного поля, проявляющейся корреляционными связями от умеренной до сильной степени следующих показателей: функциональный уровень нервной системы к действию помех (обратная связь) и запаздывающие реакции на движущий объект (прямая связь).

По изученным показателям функционального состояния сердечно-сосудистой системы медицинского персонала кабинетов магнитно-резонансной томографии статистически значимых отличий до и после рабочего дня и по отношению к показателям группы контроля до и после рабочего дня не установлено.

## Литература

1. *Мокоян, Б. О.* Профилактические мероприятия по снижению риска развития профессиональной патологии медицинского персонала, работающего с магнитно-резонансными томографами // Гигиенические и медико-профилактические технологии управления рисками здоровью населения / Материалы 2-й Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. — Пермь, 2011. — С. 241–243.

2. *Казей, Э. К.* Комплексная гигиеническая оценка условий труда медицинских работников, занятых в кабинетах магнитно-резонансной томографии / Э. К. Казей // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. Г. Е. Косяченко. — Минск, 2013. — Вып. 23. — С. 29–33.

3. *Казей, Э. К.* Влияние постоянного магнитного поля на функциональное состояние нервной системы / Э. К. Казей // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С. И. Сычик. — Минск: РНМБ, 2015. — Т. 2, вып. 25. — С. 15–19.

4. *Соловьева, И. В.* Особенности функционального состояния нервной системы у работников кабинетов магнитно-резонансной томографии / И. В. Соловьева [и др.] // БГМУ в авангарде медицинской науки и практики: рецензир. ежегод. сб. науч. тр. / М-во здравоохр. Респ. Беларусь, Бел. гос. мед. ун-т; редкол.: С. П. Рубникович, В. А. Филонюк. — Минск: ИВЦ Минфина, 2021. — Вып. 11. — С. 333–337.

Поступила 20.09.2023

## БОЛЕЗНИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ У КУРЯЩИХ РАБОТНИКОВ НИКЕЛЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Сюрин С. А., д. м. н., [kola.reslab@mail.ru](mailto:kola.reslab@mail.ru),  
Кизеев А. Н., к. б. н., [aleksei.kizeev@mail.ru](mailto:aleksei.kizeev@mail.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия

В настоящее время не существует технологий переработки никелевых руд, обеспечивающих допустимые условия труда на предприятиях никелевой промышленности. При этом наиболее важным фактором риска для здоровья работников являются аэрозоли соединений никеля, как водонерастворимые (металлический никель, оксид и сульфид никеля, файнштейн, оборотная пыль очистных устройств и др.), так и гидроаэрозоли (сульфат и хлорид никеля). Все эти соединения обладают различными по степени выраженности токсическими, аллергенными и канцерогенными свойствами. При проведении периодических медицинских осмотров наиболее часто у работников никелевой промышленности диагностируются хронический бронхит (далее — ХБ) и хроническая обструктивная болезнь легких (далее — ХОБЛ), реже — хронические заболевания верхних дыхательных путей, бронхиальная астма (далее — БА), токсический пневмосклероз (далее — ТП), злокачественные новообразования с преимущественной локализацией в различных отделах дыхательной системы. В части случаев эти заболевания приобретают статус профессиональных [1].

Курение табака является наиболее распространенной вредной привычкой современного человека. Доказано, что в виде взвешенных частиц в парообразной фазе табачного дыма содержится более 4 тысяч различных химических соединений, обладающих токсическим, канцерогенным и другими негативными эффектами, прежде всего на органы дыхания. Особого внимания заслуживает проблема курения у работающих лиц, подвергающихся воздействию аэрозолей пыли и вредных химических соединений. По данным ряда исследований, регулярно курят 54,1 % работников черного производства меди, 56,3 % машинистов горных установок, 58,0 % подземных электрослесарей, 63,4 %, 72,7 % сталеваров [2, 3]. Учитывая масштабность проблемы, получение новых знаний о риске развития, частоте и структуре болезней органов дыхания у курящих работников, имеющих вредные условия труда, представляет научный и практический интерес.

Цель исследования состояла в изучении условий труда, статуса курения и особенностей болезней органов дыхания у работников никелевой промышленности при сочетанном воздействии аэрозолей соединений никеля и табачного дыма.

Изучены результаты специальной оценки условий труда, ведомственного производственного контроля и углубленного периодического медицинского осмотра работников электролизного передела никеля, включавшего анкетирование по вопросам статуса курения. Для количественной оценки экспозиции к табачному дыму рассчитывался индекс курения (далее — ИК) по формуле (1):

$$\text{ИК (пачка/лет)} = \text{количество выкуриваемых сигарет в день} \times \text{стаж курения (годы)} / 20. \quad (1)$$

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с применением программных продуктов Microsoft Excel 2016 и Epi Info, v. 7.0. Рассчитывались t-критерий Стьюдента, критерий согласия  $\chi^2$ , относительный риск (далее — ОР) и 95%-й доверительный интервал (далее — 95% ДИ). Числовые данные в тексте и таблицах представлены в виде абсолютных значений, процентной доли, среднего арифметического и стандартной ошибки среднего арифметического ( $M \pm m$ ). Критический уровень значимости нулевой гипотезы составлял 0,05.

Проведено обследование 1028 работников цехов электролиза никеля, в число которых вошли 319 аппаратчиков-гидрометаллургов, 288 электролизников водных растворов, 147 слесарей-ремонтников, 84 электромонтера, 81 чистильщик, 79 крановщиков и 30 работников других специальностей. Из числа хронических заболеваний бронхов и легких были диагностированы ХБ ( $n = 123$ ), ТП ( $n = 61$ ), ХОБЛ ( $n = 17$ ) и БА ( $n = 6$ ), причем у 13 работников выявилось сочетание двух заболеваний: ХБ и ТП.

Главной производственной вредностью электролизного передела являются гидроаэрозоли солей никеля. Их поступление в воздух рабочей зоны связано с конвективными потоками с поверхности электролита в электролизных ваннах, подачей католита падающей струей и сбросом анолита по плохо закрытым желобам. Средние сменные концентрации соединений никеля в воздухе про-

изводственных помещений находились в пределах 0,016–0,165 мг/м<sup>3</sup>, а максимальные — 0,041–0,792 мг/м<sup>3</sup> (ПДК 0,005 мг/м<sup>3</sup>). Их самый высокий уровень отмечался в электролизных отделениях. Ниже он был в гидрометаллургических отделениях, а минимальный — в отделениях готовой продукции. Среднее сменное превышение ПДК по соединениям никеля в электролизных отделениях составило 9,6–33,0 раз, в отделениях гидрометаллургии — 4,4–8,0 раз, готовой продукции — 3,2–5,4 раза. Условия труда по содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны у электролизников соответствовали классу 3.4, у аппаратчиков, слесарей-ремонтников — классу 3.3, у крановщиков, чистильщиков, электромонтеров — классу 3.2–3.3.

Среди обследованных работников регулярно курящих было 527 человек (51,3%). Характер курения существенно отличался у мужчин и женщин. По данным анкетирования, мужчины по сравнению с женщинами раньше начинали регулярно курить: 21,8 ± 0,6 и 26,1 ± 1,2 года (p < 0,01). У них отмечалось более интенсивное курение: 13, 7 ± 0,2 и 10,7 ± 0,5 сигареты в день (p < 0,001). Продолжительность времени регулярного курения у мужчин и женщин не отличалась: 14,4 ± 0,4 и 13,2 ± 0,7 года (p > 0,1). За счет более интенсивного курения ИК у мужчин был выше, чем у женщин: 10,8 ± 0,4 и 7,4 ± 0,6 пачка/лет соответственно (p < 0,001). Все женщины курили сигареты. Среди мужчин 421 человек (98,6%) курил сигареты, и только 6 человек (1,4%) старшего возраста — папиросы. С увеличением возраста распространенность курения постепенно снижается. Ее максимальные показатели отмечаются у лиц в возрасте до 30 лет (65,7% — у мужчин и 40% — у женщин), а минимальные — у лиц 50 лет и старше (51,5% — у мужчин и 23,5% — у женщин). Различия между всеми возрастными группами, кроме 40–49 лет и ≥ 50 лет (44,2% и 40,9% соответственно), являются статистически значимыми (p < 0,05–0,001).

Клинико-функциональные исследования показали, что среди курящих по сравнению с некурящими отмечается большее число больных ХБ (p < 0,001) и ХОБЛ (p < 0,05), снижение числа здоровых лиц (p < 0,001). В то же время не было установлено влияние курения на формирование БА и ТП (таблица 1).

Таблица 1 — Влияние курения на число и структуру хронических болезней органов дыхания у работников электролизного передела никеля, абс.

Клинический статус	Некурящие (n = 502)	Курящие			
		все (n = 539)	ИК ≤ 10 (n = 353)	ИК = 11–20 (n = 121)	ИК > 20 (n = 65)
Здоровые лица	441 (87,9%)	393 (72,9%) <sup>1</sup>	302 (85,5%) <sup>5</sup>	75 (62,0%) <sup>2,5</sup>	16 (24,6%) <sup>3,4,5</sup>
Больные ХБ	22 (4,4%)	101 (18,7%) <sup>1</sup>	31 (8,7%)	37 (30,6%) <sup>2,5</sup>	33 (50,8%) <sup>3,4,5</sup>
Больные ХОБЛ	2 (0,4%)	15 (2,8%) <sup>1</sup>	8 (2,2%)	3 (2,5%)	4 (6,2%) <sup>5</sup>
Больные БА	3 (0,6%)	3 (0,6%)	3 (0,8%)	0	0
Больные ТП	34 (6,8%)	27 (5,0%)	9 (2,5%)	6 (5,0%)	12 (18,5%) <sup>3,4,5</sup>

<sup>1</sup> Статистически значимые различия (p < 0,05) между курящими и некурящими;  
<sup>2</sup> различия (p < 0,05) при ИК ≤ 10 и ИК = 11–20 пачка/лет;  
<sup>3</sup> различия (p < 0,05) при ИК ≤ 10 и ИК > 20 пачка/лет;  
<sup>4</sup> различия (p < 0,05) при ИК = 11–20 и ИК > 20 пачка/лет;  
<sup>5</sup> различия (p < 0,05) между некурящими и курящими с различными ИК.

По сравнению с некурящими лицами по данным спирографии воздействие курения на функцию внешнего дыхания проявлялось снижением легочных объемов (p < 0,05). Это касалось жизненной емкости легких (99,2 ± 0,6 и 101,0 ± 0,6%), объема форсированного выдоха за первую секунду (100,7 ± 0,6 и 104,5 ± 6%), соотношения жизненной емкости легких и объема форсированного выдоха за первую секунду (81,5 ± 0,3 и 83,7 ± 0,2%). Также были выявлены нарушения бронхиальной проходимости, проявлявшиеся снижением максимальной объемной скорости на уровне 75 и 50% форсированной емкости выдоха: 100,5 ± 1,1 и 104,9 ± 0,3% и 87,6 ± 1,2 и 93,6 ± 1,1% соответственно. Увеличение экспозиции к табачному дыму среди курящих лиц в значительно меньшей степени оказывало воздействие на показатели функции дыхания. Однако важнейший показатель бронхиальной проходимости — соотношение жизненной емкости легких и объема форсированного выдоха за первую секунду — у курящих лиц с ИК > 20 пачка/лет был ниже, чем у курящих с ИК ≤ 10 пачка/лет (78,1 ± 1,4 и 81,6 ± 0,5%; p = 0,017). Кроме того, отмечено уменьшение максимальной объемной скорости на уровне 75% форсированной емкости выдоха при ИК > 20 пачка/лет по сравнению с ИК = 11–20 пачка/лет (89,6 ± 4,8 и 101,1 ± 2,0%; p = 0,039) и ИК ≤ 10 пачка/лет (89,6 ± 4,8 и 102,3 ± 2,0%; p = 0,033).

Увеличение экспозиции к табачному дыму на каждые 10 пачка/лет приводило к снижению числа здоровых лиц ( $p < 0,001$ ). При ИК = 11–20 пачка/лет и выше отмечался рост числа больных ХБ ( $p < 0,001$ ). При высокой экспозиции к табачному дыму (ИК > 20 пачка/лет) и продолжительном производственном стаже ( $20,7 \pm 0,9$  лет) отмечается увеличение числа больных ТП ( $p < 0,05$ ). При низком и среднем уровнях экспозиции (ИК  $\leq 10$  и ИК = 11–20 пачка/лет) такого влияния курения на формирование ТП выявить не удалось

Обусловленные курением факторы риска развития различных форм хронических заболеваний бронхов и легких у работников электролизного производства никеля представлены в таблице 2. Наибольшее влияние курение оказывало на развитие ХБ и ХОБЛ, риск формирования которых прогрессивно повышался с увеличением экспозиции к табачному дыму, достигая максимального при ИК > 20 пачка/лет.

Таблица 2 — Риски развития ХБ и ХОБЛ у работников электролизного производства никеля при различной экспозиции к табачному дыму, пачка/лет

Группы сравнения	ОР	95% ДИ	$\chi^2$	p
ХБ				
Курящие по сравнению с некурящими лицами	4,61	1,35–2,72	56,45	< 0,00001
Курящие с ИК $\leq 10$ по сравнению с некурящими лицами	2,92	1,63–5,23	13,78	0,00021
Курящие с ИК = 11–20 по сравнению с некурящими лицами	6,56	4,01–10,76	69,72	< 0,00001
Курящие с ИК > 20 по сравнению с некурящими лицами	14,03	8,62–22,84	130,19	< 0,00001
Курящие с ИК $\leq 10$ по сравнению с курящими с ИК = 11–20	2,25	1,36–3,72	10,73	0,00115
Курящие с ИК = 11–20 по сравнению с курящими с ИК > 20	1,14	1,45–3,14	11,45	0,00072
ХОБЛ				
Курящие по сравнению с некурящими лицами	10,45	2,41–45,37	15,40	0,00009
Курящие с ИК $\leq 10$ по сравнению с некурящими лицами	8,52	1,45–50,16	8,03	0,00461
Курящие с ИК = 11–20 по сравнению с некурящими лицами	10,72	2,19–52,45	13,30	0,00025
Курящие с ИК > 20 по сравнению с некурящими лицами	40,27	6,23–260,4	8,55	< 0,00001

У работников цехов электролиза никеля курение не повышало риск развития БА, увеличивало риск развития ТП только при ИК > 20 пачка/лет (ОР = 6,11; 95% ДИ 3,21–11,63;  $\chi^2 = 27,03$ ;  $p < 0,0001$ ). Наиболее существенно курение влияло на риск формирования ХОБЛ (ОР = 10,45; 95% ДИ 2,41–45,37;  $\chi^2 = 15,40$ ;  $p = 0,0001$ ) и ХБ (ОР = 4,61; 95% ДИ 2,94–7,22;  $\chi^2 = 56,45$ ;  $p < 0,00001$ ). В последнем случае увеличение экспозиции к табачному дыму на 10 пачка/лет приводило к росту риска его развития как по сравнению с некурящими лицами, так и среди курящих лиц с различной экспозицией к табачному дыму.

Еще одним направлением исследований было уточнение порога статистически подтвержденного риска развития ХБ и ХОБЛ при сочетанном воздействии аэрозолей соединений никеля и табачного дыма. Установлено, что таким уровнем у работников электролизного передела никеля является ИК =  $4,79 \pm 0,06$  пачка/лет.

Изучено влияние курения на формирование у работников электролизного передела никеля профессиональной патологии. В 2009–2021 гг. 201 профессиональное заболевание сформировалось у 89 работников (8,7%), включая 13,6% чистильщиков, 7,6% слесарей-ремонтников, 6,6% электролизников, 5,7% машинистов крана и по 4,9% аппаратчиков-гидрометаллургов и электромонтеров. В числе лиц с профессиональной патологией было 60 мужчин (67,4%) и 29 женщин (32,6%). Регулярно курили 54 человека (60,7%). В структуре профессиональной патологии доля болезней органов дыхания ( $n = 118$ ) составила 58,7%. На долю болезней костно-мышечной системы ( $n = 58$ ) и уха ( $n = 16$ ) приходилось 28,9% и 8,0% соответственно. В единичных случаях выявлялись болезни нервной системы, кожи и злокачественные новообразования (по 1,5%). Болезни органов дыхания преобладали во всех группах работников, кроме чистильщиков. Курение повышало риск развития только болезней органов дыхания: ОР = 1,32; 95% ДИ 1,01–1,73;  $\chi^2 = 4,64$ ;  $p = 0,032$ .

Данные, полученные в результате проведенного исследования, заслуживают внимания и обсуждения. Прежде всего, повышенный риск развития у курящих работников электролизного производства никеля ХБ и ХОБЛ, в том числе профессиональной этиологии, предполагает возможность потенцирования негативных эффектов табачного дыма и соединений никеля при их сочетанном

ингаляционном воздействии на респираторную систему [4]. Важно отметить, что формирование ХБ и ХОБЛ у работников никелевой промышленности происходит при значительно меньшей экспозиции к табачному дыму, которая в обычных условиях считается критичной при ИК  $\geq 10$  пачка/лет [5].

Несомненный вклад курения в формирование профессиональных ХБ и ХОБЛ позволяет ставить вопрос об изменении их этиологии на смешанную. При этом ответственность за развитие заболевания несет не только предприятие, не обеспечившее допустимых условий труда, но и пострадавшее лицо, сознательно способствовавшее его возникновению. Представляется целесообразным внесение в трудовой контракт этих специалистов условия об отказе от курения табака, причем не только на рабочем месте.

Требуется дальнейшего изучения влияния курения на развитие БА и ТП у данной категории работников. Вероятно, у этих болезней преобладают другие патогенетические механизмы: врожденные нарушения при БА и «чисто» профессиональные при ТП.

Таким образом, повышенный риск развития у курящих работников никелевой промышленности ХБ и ХОБЛ, в том числе профессиональной этиологии, требует активизации антитабаковых программ с целью достижения полного отказа от этой вредной привычки.

## Литература

1. Горбанев, С. А. Профессиональная патология у работников медно-никелевой промышленности в Кольской Арктике (1989–2018 гг.) / С. А. Горбанев, С. А. Сюрин // Здоровье населения и среда обитания. — 2020. — № 10 (331). — С. 22–27.

2. Сюрин, С. А. Условия труда или курение: что предопределяет развитие бронхолегочной патологии у работников никелевой промышленности / С. А. Сюрин // Безопасность и охрана труда. — 2013. — № 2. — С. 66–69.

3. Максимов, С. А. Распространенность курения в профессиональных группах Западной Сибири / С. А. Максимов, Е. В. Индукаева, Г. В. Артамонова // Профилактическая медицина. — 2015. — Т. 18, № 1. — С. 28–31.

4. Evaluation of Genetic Damage to Workers in a Nickel Smelting Industry / E. Thanasias [et al.] // Occup. dis. environ. med. — 2019. — № 7. — P. 21–35.

5. Пульмонология. Национальное руководство. Краткое издание / под ред. А. Г. Чучалина. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. — 768 с.

Поступила 16.08.2023

## ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ОСМОТРОВ МАЛЯРОВ, РАБОТАЮЩИХ НА СОВРЕМЕННОМ АВТОМОБИЛЕСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Трошин В. В., к. м. н., [vecheslavl@yandex.ru](mailto:vecheslavl@yandex.ru),  
Рудой М. Д., [kolesova.mascha@yandex.ru](mailto:kolesova.mascha@yandex.ru),  
Страхова Л. Н., [strahova.laris2019@yandex.ru](mailto:strahova.laris2019@yandex.ru),  
Блинова Т. В., д. м. н., [btvdn@yandex.ru](mailto:btvdn@yandex.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Нижний Новгород, Россия

Работающие в условиях воздействия вредных производственных факторов (далее — ВПФ) подлежат обязательным медицинским осмотрам — предварительным и периодическим (далее — ПМО). Однако в Российской Федерации (далее — РФ) многочисленными исследователями отмечается невысокое качество ПМО, недостаточное выявление лиц с признаками хронических профессиональных заболеваний (далее — ХПЗ) и группы риска по этим заболеваниям. Ситуация осложняется и объективными причинами — уровни воздействия ВПФ на современных производствах уже не такие значительные, как 30–40 лет назад, в связи с чем клинические проявления ХПЗ приобретают стертый характер и требуют особого внимания со стороны врачей, проводящих ПМО, зачастую применения дополнительных методов исследований. Одна из задач ПМО — выявление неблагоприятного влияния условий труда на течение хронических неинфекционных заболеваний, и некоторые из них могут быть отнесены к производственно обусловленным (далее — ПОЗ).

На примере работников-маляров окрасочного участка современного автомобильного производства проведена оценка результативности ПМО с позиции выявления групп риска по ХПЗ и ПОЗ.

Были проанализированы результаты углубленного ПМО 116 женщин-маляров окрасочного производства автомобилестроительного завода (средний возраст — около 45 лет), проведенного на базе консультативной поликлиники ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора в 2020 г. в рамках действовавших требований приказа Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации (далее — Минздрав РФ) от 12.04.2011 № 302н (в редакции приказа Минздрава РФ от 13 декабря 2019 г. № 1032н) [1]. Согласно данной редакции приказа, перечень обязательных обследований при ПМО был расширен за счет шкалы SCORE (Systematic Coronary Risk Evaluation) [2], позволяющей оценить риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний (далее — ССЗ) в течение 10 лет, и анкеты, самостоятельно заполняемой обследуемыми и нацеленной на выявление анамнеза хронических заболеваний и факторов их риска. Кроме общего холестерина крови определялся холестерин липопротеидов низкой плотности, холестерин липопротеидов высокой плотности, триглицериды. Биохимические исследования выполнялись на автоматическом биохимическом анализаторе «Konelab 30i» («Thermo Clinical LabSystems», Финляндия).

Были обследованы маляры со стажем работы 5 и более лет. Согласно информации, предоставленной работодателем по результатам специальной оценки условий труда, маляры подвергались воздействию комплекса ВПФ и факторов трудового процесса: углеводородов ароматических (бензол и его производные), алифатических углеводородов (класс условий труда по химическому фактору — 3.1), производственного шума (класс условий труда — 3.2), физических перегрузок (класс условий труда — 3.1 по неудобной рабочей позе). Суммарная оценка условий труда рассматриваемой группы по вредности — 3-й класс 2-й степени [3].

Полученные данные были внесены в электронную базу в Microsoft Excel 2010 и обработаны статистически при помощи программы Statistica 6.1. Были использованы методы параметрической статистики. Уровень статистической значимости принимали при  $p < 0,05$ .

Обследуемые были разделены на 2 стажевые группы: со стажем работы от 5 до 20 лет включительно — 55 человек, со стажем работы 21 год и более — 61 человек. Выбор стажевых групп обусловлен был тем, что клинические проявления профессиональной патологии в последние годы в Российской Федерации регистрируются при стаже работы с ВПФ более 20 лет. Возраст работников 1-й группы ( $M \pm \sigma$ ) —  $42,38 \pm 8,39$  года, Ме (медиана) — 43 года, стаж работы —  $8,93 \pm 3,90$  года, Ме — 7 лет. Возраст работников 2-й группы ( $M \pm \sigma$ ) —  $49,93 \pm 5,77$  года, Ме (медиана) — 50 лет, стаж работы —  $27,66 \pm 6,12$  года, Ме — 27 лет.

Характеристика показателей здоровья и некоторых факторов риска, полученных в ходе ПМО женщин-маляров, представлена в таблице 1.

Таблица 1 — Характеристика показателей здоровья работников-маляров в стажевых группах

№	Показатель	Стажевые группы, число наблюдений (%)		
		стаж работы от 5 до 20 лет включительно (n = 55)	стаж работы 21 год и более (n = 61)	всего (n = 116)
1	Доля курильщиков	24 (43,6)	9 (14,8)*	33 (28,4)
2	Индекс массы тела: норма	17 (30,9)	14 (23,0)	31 (26,7)
	ИМТ	19 (34,5)	29 (47,5)	48 (41,4)
	Ожирение 1-й степени	13 (23,6)	12 (19,7)	25 (21,6)
	Ожирение 2-й степени и более	6 (11,0)	6 (9,8)	12 (10,3)
3	Жалобы по здоровью: есть	19 (34,5)	22 (36,1)	41 (35,3)
	нет при наличии патологии	36 (65,5)	39 (63,9)	75 (64,7)
4	Изменения ЭКГ: нет	26 (43,7)	28 (45,9)	54 (46,6)
	метаболические нарушения	18 (32,7)	21 (34,4)	39 (33,6)
	гипертрофия отделов сердца	0 (0)	5 (8,2)	5 (4,3)
	нарушения ритма	16 (29,1)	18 (29,5)	34 (29,3)
5	Параклинические нарушения:	32 (58,2)	36 (59,0)	68 (58,6)
	МОС 75 < 70 %	33 (60,0)	47 (77,0)*	80 (69,0)
	дислипидемия	11 (20,0)	11 (18,0)	22 (19,0)
	гликоземия	14 (25,5)	19 (31,1)	33 (28,4)
	патология ОАК	10 (18,2)	19 (31,1)	29 (25,0)
	патология ОАМ	31 (56,4)	14 (23,0)*	45 (38,8)
	гиперферментемия	2 (3,6)	6 (9,8)	8 (6,9)
изменения Р-гр. грудной клетки				

№	Показатель	Стажевые группы, число наблюдений (%)		
		стаж работы от 5 до 20 лет включительно (n = 55)	стаж работы 21 год и более (n = 61)	всего (n = 116)
6	Клиническая патология: ВСД	9 (16,4)	1 (1,6)*	10 (8,6)
	АГ	18 (32,7)	28 (45,9)	46 (39,6)
	ИБС	0 (0)	1 (1,6)	1(0,9)
	варикоз нижних конечностей	10 (18,2)	11 (18,0)	21 (18,1)
	ангиопатия сетчатки	13 (23,6)	23 (37,7)	36 (31,0)
	нарушения рефракции	47 (85,5)	57 (93,4)	104 (89,7)
	патология среднего уха	3 (5,5)	8 (13,1)	11 (9,5)
7	Риск смерти от ССЗ SCORE: низкий	38 (69,1)	25 (41,0)*	63 (54,3)
	средний	16 (29,1)	33 (54,1)*	49 (42,2)
	высокий и очень высокий	1 (1,8)	3 (4,9)	4 (3,5)
8	Группа здоровья: 1-я	5 (9,1)	0 (0)*	5 (4,3)
	2-я	40 (72,7)	47 (77,0)	87 (75,0)
	3а	10 (18,2)	14 (23,0)	24 (20,7)

\* Статистически значимое различие между стажевыми группами по критерию Стьюдента для относительных величин ( $p < 0,05$ ).

Примечания:  
 ИМТ — избыточная масса тела;  
 ЭКГ — электрокардиограмма;  
 МОС 75 — максимальная объемная скорость воздуха на уровне выдоха 75 % функции внешнего дыхания;  
 ОАК — общеклинический анализ крови;  
 ОАМ — общеклинический анализ мочи;  
 ВСД — вегетососудистая дистония;  
 АГ — артериальная гипертензия;  
 ИБС — ишемическая болезнь сердца.

Как следует из информации таблицы, результаты сравнения клинических, инструментальных и лабораторных данных выявили во 2-й группе работников-маляров более частую встречаемость дислипидемии, гиперферментемии (по содержанию в крови аланинаминотрансферазы, аспартатаминотрансферазы, гамма-глутамилтрансферазы), средней степени риска смерти от ССЗ SCORE, более низкую встречаемость 1-й группы здоровья и низкой степени риска смерти от ССЗ по шкале SCORE ( $p < 0,05$  между группами с меньшим и большим стажем работы).

Несмотря на большую распространенность курения в менее стажированной группе, не выявлено существенного различия между сравниваемыми группами по проявлениям хронической бронхолегочной патологии (клиника, показатель МОС 75, рентгенограмма грудной клетки). В целом же примерно каждая третья из женщин-маляров курила.

Обращает на себя внимание наличие значительной доли (более 30 %) в данной профессиональной группе работников с ожирением, причем имелась тенденция снижения числа лиц с нормальными показателями индекса массы тела в группе со стажем 21 год и более.

Необходимо отметить, что в ходе ПМО примерно  $\frac{2}{3}$  обследованных не предъявляли активно жалоб по поводу своего здоровья, хотя к условно здоровым (1-я группа здоровья) можно было отнести менее 5 % из них.

Большую распространенность дислипидемии во 2-й группе со стажем 21 год и более можно объяснить более высоким возрастом, а гиперферментемии — возможным процессом «естественного» профотбора. Медианный стаж в 27 лет свидетельствует, что в данной стажевой группе необходимый стаж для льготного пенсионирования был отработан со значительным запасом, и лица, имеющие проблемы со здоровьем (в данном случае с функционированием печени, желудочно-кишечного тракта), самостоятельно решали вопрос о завершении работы с ВПФ. Хотя наличие нерезко выраженного повышения активности ферментов, преимущественно печени, позволяет предположить возможное воздействие органических растворителей, выявленное примерно у 39 % обследованных. Маляры с гиперферментемией нуждаются в более пристальном внимании профпатологов и могут быть отнесены к группе риска по ХПЗ. Что касается изменений общеклинических анализов крови (28 % наблюдений) и мочи (25 % наблюдений), то они носили разнонаправленный характер и могли быть объяснены сопутствующими заболеваниями, в частности, женских половых органов.

Результаты ПМО показали, что чаще всего у маляров выявлялись клинические проявления ССЗ в виде АГ, ВСД, ангиопатии сетчатки, варикоza нижних конечностей. Имелась тенденция учащения АГ и ангиопатии сетчатки глаза в более стажированной группе. Как результат, в группе более стажированных значимо снижалась доля лиц с низким риском по шкале SCORE и увеличивалась — со средним риском. Значительная распространенность ССЗ среди стажированных женщин-маляров дополнительно подтверждается результатами ЭКГ, выявившими нарушения более чем у половины обследованных. Необходимо отметить, что изменения ЭКГ не всегда подтверждались клиническим диагнозом и существенно не зависели от стажа работы.

Проведенное обследование в объеме, регламентированном приказом о ПМО, не выявило характерных стигм ХПЗ, наличие которых можно было ожидать от комплексного воздействия ВПФ. Не обнаружено значительной распространенности связанной со стажем нейросенсорной тугоухости (в результате воздействия шума), клинических признаков полиневропатии и астенических нарушений (в результате воздействия органических растворителей). Исключение составили явления гиперферментемии, но специфичность их для хронической интоксикации органическими растворителями появляется при сочетании признаков токсического воздействия на функции центральной и периферической нервной системы, печени, реже — на показатели ОАК. Выявлены лишь единичные диагнозы вертеброгенной патологии, учащение которой можно было бы ожидать от работ с неудобным положением тела.

Дополнительно проведено сопоставление данных обязательных анкет о состоянии здоровья и данных амбулаторных карт об анамнезе заболеваний. Совпадение результатов выявлено лишь у 55 % работников-маляров. У 32 % данные анкет не подтверждались записями в амбулаторных картах, а у 13 % осмотренных анамнез, имевшийся в амбулаторных картах, отсутствовал в анкетах.

Таким образом, можно сделать следующие выводы, носящие предварительный характер и нуждающиеся в уточнении в ходе динамического наблюдения за обследованной профессиональной группой.

1. Длительный стаж работы маляром современного окрасочного производства автомобилестроительного завода не приводит к развитию клинических проявлений специфического симптомокомплекса профессиональной патологии органов-мишеней ВПФ производства. Однако группа работниц с повышенными уровнями активности ферментов печени может быть отнесена к группе риска по ХПЗ и нуждается в более тщательном обследовании и динамическом наблюдении.

2. Можно предположить, что имеющийся комплекс ВПФ способствует формированию в первую очередь клинических проявлений ССЗ, которые в данной профессиональной группе можно отнести к профессионально обусловленным заболеваниям.

3. Женщины-маляры в ходе анкетирования при ПМО предоставляют более подробную информацию о состоянии здоровья, чем успевают выявить у них врачи, проводящие осмотры.

4. В целом же стажированные женщины-маляры окрасочного производства автомобилестроительного завода не отличаются высокими показателями здоровья (1-я группа здоровья выявлена менее чем у 5 % работниц) и нуждаются в профилактике, в первую очередь ССЗ.

## Литература

1. Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда [Электронный ресурс]: Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 № 302н; ред. от 18.05.2020. — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902275195>. — Дата доступа: 01.09.2023.

2. 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: The Sixth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts) Developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR) / M. F. Piepoli [et al.] // *Eur Heart J*. — 2016. — Vol. 37, № 29. — P. 2315–2381.

3. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Руководство Р 2.2.2006–05/ разраб.: ГУ НИИ медицины труда РАМН; рук. Н. Ф. Измеров, отв. исполн.: Н. Н. Молодкина, А. И. Корбакова, А. И. Халепо. — Введ. 01.11.2005. — М., 2005. — 142 с.

Поступила 06.09.2023



## ОЦЕНКА СТАТУСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЮ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ РИСКОМ РАБОЧЕГО ПЕРСОНАЛА СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Федотова И. В., д. м. н., доцент, [irinavfed@mail.ru](mailto:irinavfed@mail.ru),  
Васильева Т. Н., к. б. н., [tatiana.vasilvas@yandex.ru](mailto:tatiana.vasilvas@yandex.ru),  
Некрасова М. М., к. б. н., доцент, [ntaryu@yandex.ru](mailto:ntaryu@yandex.ru),  
Скворцова В. А., [www.bba1995@mail.ru](http://www.bba1995@mail.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Нижний Новгород, Россия

Сохранение профессионального здоровья трудящегося населения является одной из приоритетных целей государственной политики страны, стратегическим условием эффективного функционирования государственной экономики. Эта цель отражена в Концепции демографической политики до 2025 г., Государственной программе Российской Федерации «Развитие здравоохранения» с 2018 по 2025 гг. [1]. На ведущих предприятиях страны внедряются корпоративные программы укрепления профессионального здоровья работников. На сайте Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации размещена библиотека корпоративных программ укрепления здоровья трудоспособного населения [2]. Однако работа по здоровьесбережению работников на многих российских предприятиях носит бессистемный характер, в основном ограничивается отдельными мероприятиями [3].

Определенную роль в ухудшении здоровья россиян играет также недостаточная информированность населения о возможностях и достоинствах здорового образа жизни (далее — ЗОЖ). Влияние ЗОЖ на базовое состояние функций человека оказывается весьма важным и для профессионального здоровья, которое определяет способность организма сохранять защитные и компенсаторные механизмы, обеспечивающие работоспособность в различных условиях профессиональной деятельности.

Проведенные нами ранее опросы работников ряда предприятий независимо от отраслевой принадлежности выявили не только низкую мотивацию их самих к следованию принципам ЗОЖ и, соответственно, на сохранение профессионального здоровья, но и недостаточную заинтересованность работодателей во внедрении здоровьесберегающих мероприятий на рабочих местах [4].

Целью настоящей работы была оценка значимости мероприятий по здоровьесбережению в субъективном восприятии работниц современного производства стеклопосуды с учетом объективного влияния условий труда на состояние здоровья и работоспособность.

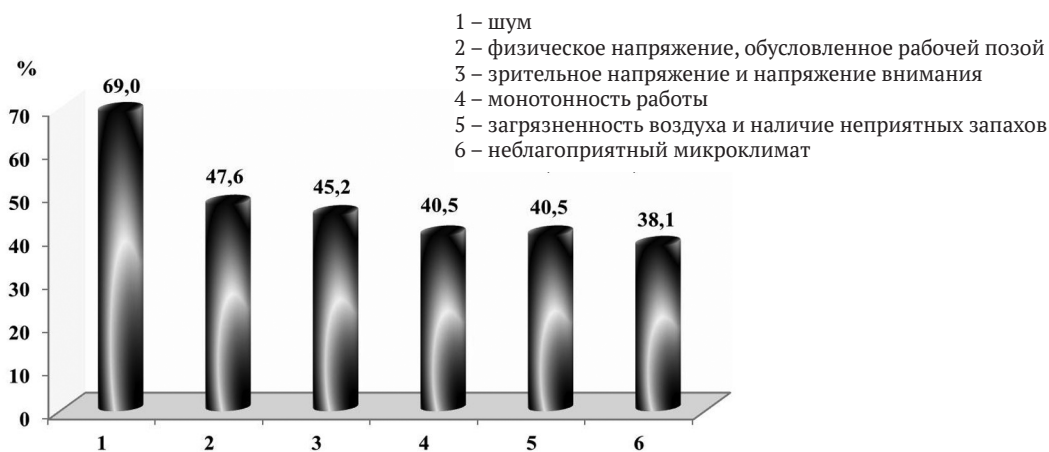
Группой исследования были укладчицы-упаковщицы современного производства стеклопосуды, входящего в состав концерна SISECAM (Турция), расположенного в Нижегородской области. Анализ состояния их здоровья проведен по результатам углубленного медицинского осмотра на базе ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора (далее — институт). Анализировались также ответы респондентов на вопросы двух анкет, одна из которых касалась субъективной оценки условий труда и состояния здоровья, а вторая отражала их представление о ЗОЖ, мотивацию на его ведение, а также уровень внедрения здоровьесберегающих технологий на предприятии. Обе анкеты разработаны сотрудниками института. Также проведена психодиагностика показателей профессиональной, личностных сфер и психического здоровья испытуемых. В диагностический инструментарий вошли стандартные опросники: «Дифференцированная оценка работоспособности» — ДОРС (модификация А. Б. Леоновой и С. Б. Величковой) выявляет состояние пониженной работоспособности с помощью индексов — утомления, монотонии, пресыщения, стресса; «Оценка реактивной и личностной тревожности» Спилбергера — Ханина; экспресс-оценка тревоги и депрессии — шкала HADS («Госпитальная шкала тревоги и депрессии»). Исследования проведены с соблюдением всех этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации и Директивах Европейского сообщества.

Статистическая обработка полученных данных выполнена с помощью Microsoft Excel, комплекта прикладных программ и традиционных методов вариационной статистики по программе Statistica 12.0. С помощью программы «Медицинская статистика» (<http://medstatistic.ru/calculators/calcodds.html>) рассчитывался t-критерий Стьюдента.

В исследовании принимали участие 42 укладчицы-упаковщицы стеклоизделий в возрасте от 31 до 59 лет ( $44,3 \pm 1,15$ ), с общим стажем работы от 11 до 40 лет ( $22,8 \pm 1,24$ ) и стажем работы на производстве от 3 до 17 лет ( $8,2 \pm 0,40$ ). Работа укладчика-упаковщика включает ручную упаковку

стеклянной посуды в оберточную тару (бумагу, целлофан и т. д.); приклеивание этикеток, расфасовку продукции в коробки; ведение отчетности о количестве упакованного товара. Несмотря на однообразие деятельности, от работника требуются аккуратность, сноровка, хорошая реакция, умение определять брак и переупаковать товар в случае необходимости. По результатам специальной оценки условий труда неблагоприятными профессиональными факторами, являющимися поводом для проведения углубленного периодического осмотра на базе профпатологического центра института, явились такие вредные профессиональные факторы, как повышенные уровни шума и длительное нахождение в позе стоя.

При субъективной оценке условий труда работницы также в качестве наиболее неблагоприятных профессиональных факторов отметили производственный шум и физическое напряжение, обусловленное рабочей позой (рисунок 1). Кроме этого, более 40 % работниц в качестве факторов, негативно влияющих на состояние здоровья, указали зрительное напряжение, монотонность труда и загрязненность воздуха рабочей зоны.



**Рисунок 1 – Наиболее часто отмечаемые работницами неблагоприятные профессиональные факторы**

По мнению большинства работниц (95,1%), такие условия труда приводят к развитию состояния усталости в конце смены, которое в основном проявляется общим утомлением (71,4%); болями в области спины, шеи, плеч, рук и ног (42,9%); раздражением глаз (19,0%). Чаще всего эти симптомы исчезают самостоятельно после работы (64,3%) или в отпускной период (23,8%). У небольшой доли работниц они проходят только в отпускной период (7,1%) или после приема лекарственных средств (7,1%).

По результатам медицинского осмотра у трети работниц выявлены повышенные уровни артериального давления, у 28,6% работниц диагностированы болезни системы кровообращения: гипертоническая болезнь (в 9 случаях) и начальные проявления недостаточности мозгового кровообращения (в 3 случаях). У 5 работниц (в возрасте от 36 до 50 лет) установлена тугоухость, что может быть результатом воздействия повышенных уровней шума. Пятая часть обследованных (19,0%) страдает нарушениями различных отделов позвоночника, что можно связать с длительным нахождением укладчиц-упаковщиц в рабочей позе стоя. У большинства осмотренных женщин отмечается избыточная масса тела: по окружности талии (73,8%) и индексу массы тела (59,3%); двум работницам поставлен диагноз ожирения 2-й степени.

Результаты проведенной психодиагностики показали, что у испытуемых наблюдаются отсутствие достоверно выраженных симптомов депрессии и тревоги, умеренный уровень личностной тревожности и умеренная степень пониженной работоспособности по всем индексам (рисунок 2).

Производство стеклопосуды, на котором заняты обследованные работницы, можно отнести к предприятиям, где вопросам здоровьесбережения отводится достаточно значимое место. Активно используются безопасные технологии (автоматизация, дистанционное управление некоторыми технологическими операциями), внедряются коллективные средства защиты (вентиляция, изоляция вредных участков), применяются компенсационные выплаты за вредные условия труда и дополнительный отпуск, проводятся дни здоровья и коллективные спортивные мероприятия, есть стенды и плакаты, пропагандирующие ЗОЖ. На рисунке 3 приведены наиболее значимые здоровьесберегающие мероприятия, по мнению работниц.



Рисунок 2 – Результаты психодиагностики индексов работоспособности (ДОРС), уровней реактивной и личностной тревожности (методика Спилбергера – Ханина), тревоги и депрессии (шкала HADS) в баллах



Рисунок 3 – Рейтинг здоровьесберегающих мероприятий на производстве

Представление о ЗОЖ у самих работниц сформировано и включает: отказ от вредных привычек (71,4%), здоровое питание (50,0%), соблюдение правил гигиены / регулярное посещение врача (33,3%), занятия спортом / поддержание оптимальной физической формы (21,4%). Однако придерживаться принципов ЗОЖ готовы лишь чуть больше половины испытуемых (52,4%). Причинами затруднений в следовании им указываются недостаток времени (69,0%) и отсутствие необходимого упорства, воли, настойчивости (40,5%).

Мерами, которые работницы в основном предпринимают для самосохранения здоровья, являются: рациональное питание (47,6%) и соблюдение «режима сна и отдыха» (38,1%). Незначительная часть работниц «иногда занимается спортом» (23,8%), старается больше ходить пешком (не менее 8 тыс. шагов в день) (23,8%), принимает участие в массовых спортивных мероприятиях (19,0%).

Большинство испытуемых указали, что они «время от времени» переживают стресс-ситуации (69,0%), причинами которых выступают проблемы в семье (33,3%), финансовые трудности (23,8%), сложные отношения с вышестоящей администрацией (16,7%). Для преодоления стрессового напряжения используют сдерживание себя волевым усилием (54,8%), работу на загородном участке (28,6%), выезды на отдых (19,0%). Для пятой части работниц стратегией преодоления стресса является курение (23,8%). Вообще эта привычка оказалась весьма распространенной в данной профессиональной группе — 40,5%. По данным ВЦИОМ за 2022 г. доля курящих женщин в Российской Фе-

дерации составила 21 %. Алкоголь работницы употребляют редко (78,6 %), 14,3 % — отрицают его употребление.

Несмотря на объективно зарегистрированные хронические неинфекционные заболевания, работницы оценивают свое здоровье как среднее (52,4 %) или хорошее (42,9 %). Половина опрошенных признают наличие лишнего веса (50,0 %) и в качестве борьбы с ним применяют ограничение порций еды (21,4 %), уменьшение в рационе питания доли мучного, сладкого, жирного (21,4 %); повышение физической активности (16,7 %). Пятая часть не предпринимает никаких мер (19,0 %).

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют, что лишь половина работниц осознают значимость для сохранения здоровья таких важных технологических мероприятий, направленных на охрану здоровья работников, как внедрение безопасных технологий и средств коллективной защиты. Понимая важность ведения ЗОЖ, реально придерживаться его принципов также готовы только 52,4 % работниц. Состояние здоровья работниц свидетельствует о возможном влиянии на него условий труда, о чем свидетельствуют частота случаев тугоухости и заболеваний опорно-двигательного аппарата, пониженная работоспособность. Кроме того, деструктивное поведение (нерациональное питание, недостаточная физическая активность), по-видимому, может быть причиной значительной доли среди работниц лиц с избыточной массой тела. Последний фактор, наряду с высокой распространенностью курения, повышает риск развития в этой группе сердечно-сосудистых заболеваний, наличие которых снижает вероятность профессионального долголетия. Полученные результаты подчеркивают необходимость внедрения комплексных программ укрепления здоровья на рабочих местах, направленных как на оздоровление условий труда, так и на расширение мероприятий по здоровьесбережению и повышение мотивации работников к ведению ЗОЖ.

## Литература

1. Паспорт национального проекта «Демография» [Электронный ресурс]: утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 № 16. — Режим доступа: <https://minsport.gov.ru/2018/Nacionalnii-proekt-Demografiya.pdf>. — Дата доступа: 01.08.23.

2. Библиотека корпоративных программ укрепления здоровья работников [Электронный ресурс]. — М., 2019. — Режим доступа: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/8c7/Keysy-luchshikh-korporativnykh-programm-ukrepleniya-zdorovya-rabotnikov.pdf>. — Дата доступа: 12.08.2023.

3. Печеркина, А. А. Технологии сохранения и самосохранения профессионального здоровья [Электронный ресурс] / А. А. Печеркина, Г. И. Борисов // Мир науки. Педагогика и психология. — 2020. — Т. 8, № 6. — Режим доступа: <https://mir-nauki.com/PDF/65PSMN620.pdf>. — Дата доступа: 01.08.23.

4. Представление о здоровом образе жизни у рабочих промышленных предприятий: гендерные и стажевые различия / И. В. Федотова [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: С. И. Сычик (гл. ред.) [и др.]. — Минск: Изд. центр БГУ, 2022. — Вып. 32. — С. 277–282.

Поступила 01.09.2023

## ОСОБЕННОСТИ ГРАДАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ МЕДИЦИНСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ОРГАНИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Хейфец Н. Е., [nikolai.kheifets@gmail.com](mailto:nikolai.kheifets@gmail.com),

Солтан М. М., к. м. н., доцент, [mvadp@tut.by](mailto:mvadp@tut.by),

Хейфец Е. Н., магистр юрид. наук, [zhenn1990@rambler.ru](mailto:zhenn1990@rambler.ru)

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр медицинских технологий, информатизации, управления и экономики здравоохранения», г. Минск, Республика Беларусь

Согласно Закону Республики Беларусь «О здравоохранении», медицинская деятельность — это деятельность по организации и оказанию медицинской помощи, обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения, проведению медицинской экспертизы, осуществляемая юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями в порядке, установленном

законодательством. В сфере медицинской деятельности, как и в любой другой деятельности, существуют определенные риски. Применительно к сфере оказания медицинских услуг риск трактуется в качестве вероятности наступления нежелательного события, опасного для здоровья пациента либо безопасности медицинского работника [1].

В результате исполнения трудовых обязанностей медицинский персонал сталкивается с вероятностью ущерба здоровью, то есть профессиональным риском. Ущерб здоровью могут нанести следующие производственные факторы: физические — шум, вибрация, перепады температур, воздействие ионизирующих и неионизирующих излучений и прочее; химические — взаимодействие с вредными веществами; биологические — взаимодействие с растениями, животными, микроорганизмами; тяжесть трудового процесса — все, что связано с физическими нагрузками и положением тела в пространстве во время работы; напряженность трудового процесса — нагрузка на органы восприятия [2].

Для управления рисками в системе здравоохранения все чаще используется риск-менеджмент, который затрагивает различные функции управления риском, в частности, обнаружение, обзор, описание риска и целей, на которые может данный риск повлиять, а также определение превентивных и корректирующих мероприятий, позволяющих снизить вероятность риска путем принятия адекватных управленческих решений [3].

Идентификация (выявление) рисков предусматривает действия, направленные на определение параметров рискованной ситуации (что может случиться, где, когда, как и почему). Рискованная ситуация — событие, обусловленное причинами и факторами риска, которое может привести к негативным или позитивным последствиям. После идентификации рисков проводится их оценка с полным описанием рисков, то есть событий, которые могут оказать негативное воздействие на цели деятельности организации здравоохранения. Известно, что низкий уровень риска предполагает вероятность кратковременного расстройства здоровья. Существенным считается уровень риска, при котором может быть нанесен средний и легкий вред здоровью. Если здоровью может быть нанесен в том числе тяжкий вред, такой уровень риска называют высоким. Наивысший уровень — смертельный.

Выделяют следующие виды рисков по отношению к факторам риска: внутренние риски, возникающие из факторов, которые в значительной степени подконтрольны организации; внешние риски, возникающие из факторов, которые в значительной степени не подконтрольны организации: социальные, политические, экономические, технологические, правовые и природные факторы.

Использование различных инструментов для выявления профиля рисков и оценки степени их критичности для организации помогает понять, какие риски можно принять, не предпринимая мер по их минимизации, а какие риски требуют срочного вмешательства из-за невозможности продолжения работы организации здравоохранения [4].

Учитывая вышеизложенное, разработка и организация профилактических мероприятий по созданию оптимальной производственной среды, определяющей жизнедеятельность и работоспособность медицинских работников, а также безопасность пациентов, с учетом градации профессиональных рисков в зависимости от типа организации здравоохранения, является актуальным направлением деятельности здравоохранения и научных исследований.

В ходе нашего исследования были всесторонне изучены реализованные за рубежом модели управления профессиональными рисками в здравоохранении, что позволило разработать собственную анкету для опроса руководителей организаций здравоохранения Республики Беларусь и провести комплексную оценку внутренней и внешней среды организаций здравоохранения. При разработке анкеты вопросы были сгруппированы в определенные смысловые блоки в соответствии с логикой исследования: общие вопросы, внешние риски (социально-правовые и экономические риски, риски, связанные с управлением); внутренние риски (риски, связанные с угрозой здоровью медицинских работников, профессиональные (медицинские) риски, связанные с гражданской правовой ответственностью), прочие риски. Подробный перечень рисков описан нами ранее [5].

В ходе опроса респонденты оценивали применительно к организации здравоохранения, в которой они работают (амбулаторно-поликлинические организации, далее — АПО, или больничные организации, далее — БО), вероятность возникновения (блок 1 вопросов анкеты) и степень воздействия (последствия) (блок 2 вопросов анкеты) в общей сложности (с учетом включенных в отдельные вопросы уточняющих категорий) 35 видов профессиональных рисков, то есть оценивали проблему профессиональных рисков по 70 позициям. В анкете были предусмотрены следующие варианты ответов в отношении вероятности возникновения и степени воздействия (последствий) определенного профессионального риска соответственно: «высокая», «средняя», «низкая», «не возникает» и «не влияет». Для анализа ответов вместо указанных в анкете вариантов «не возникает» и «не влияет» мы использовали вариант «незначительная» с учетом субъективности оценок респондентов.

В исследовании принял участие 781 респондент (руководители ОЗ, их заместители и руководители структурных подразделений), заполнивший опросник онлайн на любом устройстве, имеющем выход в интернет (компьютер, смартфон, планшет и т. д.) с помощью инструмента «Google Формы». Для выявления различий в ответах респондентов в зависимости от типа организации здравоохранения все респонденты были разделены на две группы: работающие в АПО ( $n = 395$ ) и работающие в БО ( $n = 381$ ). Сравнительный анализ данных проведен с помощью Microsoft Excel с использованием критерия  $\chi^2$  и точного критерия Фишера при критическом уровне значимости  $p < 0,05$ .

Результаты анкетирования легли в основу построения карты рисков. Исходные данные для составления карты рисков — реестр, включающий все риски (в данном случае это 35 позиций анкеты, по которым получены ответы респондентов), и форма карты для ее наполнения выявленными рисками. Оценку каждого риска в карте проводили по двум параметрам (шкалам) — вероятность возникновения (реализации) и степень воздействия (последствия, потенциальный ущерб). Построение карты рисков проводилось согласно методике, подробно описанной нами ранее [5].

В зависимости от места работы респонденты распределились следующим образом: органы управления здравоохранением (0,64%), амбулаторно-поликлинические организации (49,42%), больничные организации (37,77%), организации скорой медицинской помощи (1,15%), научно-практические центры (7,17%), организации медицинской реабилитации (1,92%), организации паллиативной помощи (0,52%), организации переливания крови (0,64%), учреждения образования системы здравоохранения (университетская клиника) (0,77%).

При анализе полученных данных ответы респондентов, работающих в органах управления здравоохранением, обрабатывались отдельно, остальные респонденты были разделены на 2 группы: работающих в амбулаторно-поликлинических организациях и работающих в больничных организациях. К группе работающих в АПО (50,57%) были отнесены респонденты, собственно работающие в амбулаторно-поликлинических организациях, а также респонденты, работающие в организациях скорой медицинской помощи. К группе работающих в БО (48,79%) были отнесены респонденты, собственно работающие в больничных организациях, и респонденты, работающие в клинических подразделениях научно-практических центров, организациях медицинской реабилитации, организациях паллиативной помощи, организациях переливания крови и университетских клиниках учреждений образования системы здравоохранения.

Сравнительный анализ встречаемости (усредненные показатели, в процентах) варианта «высокая» в отношении вероятности возникновения и степени воздействия (последствий) определенного профессионального риска в своей организации здравоохранения в ответах респондентов, работающих в АПО и БО, выявил следующее. В первом блоке вопросов в отношении четырех позиций (риски, связанные с гражданско-правовой ответственностью медицинских работников при проведении инвазивных диагностических процедур ( $\chi^2 = 5,453$ ;  $p = 0,02$ ); риски, связанные с недостаточной работой по профилактике стресса ( $\chi^2 = 11,14$ ;  $p < 0,001$ ); риски, связанные с коррупционными проявлениями ( $\chi^2 = 4,578$ ;  $p = 0,033$ ); риски, связанные с пожароопасными ситуациями ( $\chi^2 = 4,721$ ;  $p = 0,03$ )) разница в ответах респондентов, работающих в АПО и БО, была достоверной. В случае террористических рисков критический уровень значимости был превышен незначительно ( $p = 0,057$ ). При этом в случаях рисков, связанных с гражданско-правовой ответственностью медицинских работников при проведении инвазивных диагностических процедур, и рисков, связанных с недостаточной работой по профилактике стресса, большую настороженность в отношении вероятности возникновения проявили респонденты, работающие в БО. А в случаях рисков, связанных с коррупционными проявлениями, и рисков, связанных с пожароопасными ситуациями, большую настороженность в отношении вероятности возникновения проявили респонденты, работающие в АПО. В случае террористических рисков также большая настороженность была у респондентов, работающих в АПО.

Во втором блоке вопросов в отношении двух позиций (риски, связанные с санитарно-эпидемиологической обстановкой в организации здравоохранения в плане обеспечения безопасных условий работы для медицинских работников ( $\chi^2 = 4,666$ ;  $p = 0,031$ ); риски, связанные с гражданско-правовой ответственностью медицинских работников при проведении инвазивных диагностических процедур ( $\chi^2 = 4,75$ ;  $p = 0,03$ )) разница в ответах респондентов, работающих в АПО и БО, была достоверной. При этом во всех этих случаях большую настороженность в отношении степени воздействия (последствий) указанных видов рисков проявили респонденты, работающие в БО.

Сравнительный анализ встречаемости (усредненные показатели, в процентах) варианта «средняя» в отношении вероятности возникновения и степени воздействия (последствий) определенного профессионального риска в своей организации здравоохранения в ответах респондентов, работающих в АПО и БО, выявил следующие достоверные различия. В первом блоке это риски, связанные с санитарно-эпидемиологической обстановкой в организации здравоохранения в связи

с распространением внутрибольничных инфекций ( $\chi^2 = 7,207$ ;  $p = 0,008$ ); риски, связанные с профессиональной подготовкой медицинских работников со средним специальным медицинским образованием ( $\chi^2 = 7,335$ ;  $p = 0,007$ ); риски, связанные с гражданско-правовой ответственностью медицинских работников при оказании анестезиологического пособия ( $\chi^2 = 4,25$ ;  $p = 0,04$ ); риски, связанные с превышением в окружающей среде предельно допустимых концентраций ядовитых и сильнодействующих веществ ( $\chi^2 = 5,6$ ;  $p = 0,018$ ) и недостаточной работой по профилактике наркомании ( $\chi^2 = 6,4$ ;  $p = 0,012$ ); риски, связанные с отсутствием доступной паллиативной помощи ( $\chi^2 = 4,127$ ;  $p = 0,043$ ); риски, связанные с коррупционными проявлениями ( $\chi^2 = 4,824$ ;  $p = 0,029$ ).

Во втором блоке вопросов разница в ответах респондентов, работающих в АПО и БО, была достоверной по восьми позициям: риски, связанные с санитарно-эпидемиологической обстановкой в организации здравоохранения в связи с распространением внутрибольничных инфекций ( $\chi^2 = 4,44$ ;  $p = 0,036$ ); риски, связанные с профессиональной подготовкой врачей-специалистов ( $\chi^2 = 4,274$ ;  $p = 0,039$ ) и медицинских работников со средним специальным медицинским образованием ( $\chi^2 = 8,928$ ;  $p = 0,003$ ); риски, связанные с квалификацией медицинских работников со средним специальным медицинским образованием ( $\chi^2 = 5,658$ ;  $p = 0,018$ ); риски, связанные с гражданско-правовой ответственностью медицинских работников при (некачественном) переливании крови ( $\chi^2 = 5,407$ ;  $p = 0,021$ ); риски, связанные с отсутствием современных технологий медико-психосоциальной реабилитации ( $\chi^2 = 4,448$ ;  $p = 0,035$ ); риски, связанные с недостатками в деятельности по охране труда и технике безопасности ( $\chi^2 = 4,601$ ;  $p = 0,032$ ); риски, связанные с взрывоопасными (хранение и эксплуатация кислорода) ситуациями ( $\chi^2 = 17,564$ ;  $p < 0,001$ ).

Сравнительный анализ встречаемости (усредненные показатели, в процентах) варианта «низкая» в отношении вероятности возникновения и степени воздействия (последствий) определенного профессионального риска в своей организации здравоохранения в ответах респондентов, работающих в АПО и БО, выявил следующее. В первом блоке вопросов ответы респондентов, работающих в АПО и БО, достоверно различались по шести позициям: риски, связанные с профессиональной подготовкой врачей-специалистов ( $\chi^2 = 5,712$ ;  $p = 0,017$ ); риски, связанные с гражданско-правовой ответственностью медицинских работников при (некачественном) переливании крови ( $\chi^2 = 36,924$ ;  $p < 0,001$ ); риски, связанные с недостаточной работой по профилактике превышения в окружающей среде предельно допустимых концентраций ядовитых и сильнодействующих веществ ( $\chi^2 = 11,333$ ;  $p < 0,001$ ); риски, связанные с коррупционными проявлениями ( $\chi^2 = 6,481$ ;  $p = 0,011$ ); риски, связанные с пожароопасными ситуациями ( $\chi^2 = 6,207$ ;  $p = 0,013$ ); риски, связанные с взрывоопасными (хранение и эксплуатация кислорода) ситуациями ( $\chi^2 = 19,587$ ;  $p < 0,001$ ). Еще в двух случаях критический уровень значимости превышен незначительно (риски, связанные с недостаточной работой по профилактике курения,  $p = 0,053$ ; риски, связанные с недостаточной работой по профилактике стресса,  $p = 0,058$ ).

Во втором блоке вопросов ответы респондентов, работающих в АПО и БО, достоверно различались по четырем позициям: риски, связанные с угрозой здоровью медицинских работников в результате взаимодействия с пациентами с инфекционными, психическими заболеваниями ( $\chi^2 = 0,02$ ;  $p = 0,048$ ); риски, связанные с гражданско-правовой ответственностью медицинских работников при (некачественном) переливании крови ( $\chi^2 = 16,203$ ;  $p < 0,001$ ); риски, связанные с коррупционными проявлениями ( $\chi^2 = 4,712$ ;  $p = 0,03$ ); террористические риски ( $\chi^2 = 5,4$ ;  $p = 0,021$ ).

Сравнительный анализ встречаемости (усредненные показатели, в процентах) варианта «незначительная» в отношении вероятности возникновения и степени воздействия (последствий) определенного профессионального риска в своей организации здравоохранения в ответах респондентов, работающих в АПО и БО, выявил следующее. В первом блоке вопросов ответы респондентов, работающих в АПО и БО, достоверно различались по следующим позициям: риски, связанные с применяемыми медицинскими изделиями, лекарственными препаратами, расходными материалами ( $\chi^2 = 9,479$ ;  $p = 0,003$ ); риски, связанные с санитарно-эпидемиологической обстановкой в организации здравоохранения, в связи с обеспечением безопасных условий работы для медицинских работников ( $\chi^2 = 6,855$ ;  $p = 0,009$ ); риски, связанные с санитарно-эпидемиологической обстановкой в организации здравоохранения, вследствие распространения внутрибольничных инфекций ( $\chi^2 = 27,881$ ;  $p < 0,001$ ); риски, связанные с профессиональной подготовкой врачей-специалистов ( $\chi^2 = 4,975$ ;  $p = 0,026$ ); риски, связанные с профессиональной подготовкой медицинских работников со средним специальным медицинским образованием ( $\chi^2 = 5,414$ ;  $p = 0,02$ ); риски, связанные со сложностью и напряженностью труда медицинских работников, нарушением режима работы ( $\chi^2 = 4,197$ ;  $p = 0,041$ ); риски, связанные с угрозой здоровью медицинских работников от контакта с биологическими жидкостями пациентов ( $\chi^2 = 5,618$ ;  $p = 0,018$ ); риски, связанные с гражданско-правовой ответственностью медицинских работников при оказании анестезиологического пособия ( $\chi^2 = 6,719$ ;  $p = 0,01$ ); риски, связанные с гражданско-правовой ответственностью медицинских работников при применении

лекарственных средств ( $\chi^2 = 4,235$ ;  $p = 0,04$ ); риски, связанные с гражданско-правовой ответственностью медицинских работников при (некачественном) переливании крови ( $\chi^2 = 19,156$ ;  $p < 0,001$ ); риски, связанные с пожароопасными ситуациями ( $\chi^2 = 4,947$ ;  $p = 0,027$ ); риски, связанные с взрывоопасными (хранение и эксплуатация кислорода) ситуациями ( $\chi^2 = 16,839$ ;  $p < 0,001$ ).

По второму блоку вопросов ответы респондентов, работающих в АПО и БО, достоверно различались по девяти позициям: риски, связанные с санитарно-эпидемиологической обстановкой в организации здравоохранения в связи с распространением внутрибольничных инфекций ( $\chi^2 = 6,438$ ;  $p = 0,012$ ); риски, связанные с квалификацией медицинских работников со средним специальным медицинским образованием ( $\chi^2 = 7,736$ ;  $p = 0,006$ ); риски, связанные со сложностью и напряженностью труда медицинских работников, нарушением режима работы ( $\chi^2 = 4,642$ ;  $p = 0,032$ ); риски, связанные с угрозой здоровью медицинских работников от контакта с биологическими жидкостями пациентов ( $\chi^2 = 4,409$ ;  $p = 0,036$ ); риски, связанные с гражданско-правовой ответственностью медицинских работников при оказании анестезиологического пособия ( $\chi^2 = 5,079$ ;  $p = 0,025$ ) и переливании крови ( $\chi^2 = 10,158$ ;  $p = 0,002$ ); риски, связанные с недостаточной работой по профилактике инфекции ( $\chi^2 = 3,951$ ;  $p = 0,047$ ); риски, связанные с пожароопасными ситуациями ( $\chi^2 = 6,018$ ;  $p = 0,015$ ); риски, связанные с взрывоопасными (хранение и эксплуатация кислорода) ситуациями ( $\chi^2 = 7,05$ ;  $p = 0,008$ ).

Перекодировав первичные данные по ответам респондентов в соответствии с методикой, мы рассчитали среднее значение показателя вероятности возникновения риска, среднее значение показателя степени воздействия (последствий) риска, вычислили коэффициенты критичности риска по каждой из 35 позиций опросника для АПО и БО. В соответствии с коэффициентами критичности риска построены карты критичности рисков для АПО и БО.

Анализ полученных результатов показал, что и для АПО, и для БО ни один из перечисленных в опроснике видов риска не имеет высокой критичности риска, без устранения причины которой невозможно продолжение работы организации здравоохранения. Средняя критичность риска, по мнению респондентов, работающих в АПО, характерна исключительно для рисков, связанных с недостаточной работой по профилактике стресса. По мнению респондентов, работающих в БО, средняя критичность риска характерна для рисков, связанных с недостаточной работой по профилактике стресса; рисков, связанных со сложностью и напряженностью труда медицинских работников, нарушением режима работы. Респонденты, работающие в АПО и БО, выделили риски, связанные с актами терроризма, в качестве относящихся к категории профессиональных рисков с незначительной критичностью. В АПО в эту же категорию попали и риски, связанные с взрывоопасными (хранение и эксплуатация кислорода) ситуациями. Все остальные виды рисков, упомянутые в опроснике, по мнению респондентов, работающих и в АПО, и в БО, попадают в категорию профессиональных рисков с низкой критичностью.

Таким образом, использование инструментов риск-менеджмента позволяет выявить основные условия, причины и источники формирования профессиональных рисков при осуществлении медицинской деятельности. Градация профессиональных рисков в зависимости от типа организации здравоохранения имеет достоверные различия по ряду позиций, что необходимо учитывать при выборе методов управления выявленными рисками с целью минимизации возможного ущерба.

## Литература

1. Захарова, Е. Н. Формирование механизмов управления рисками в медицинском учреждении / Е. Н. Захарова, И. П. Ковалева // Вестн. ЛГУ. — 2017. — № 1 (195). — С. 108–116.
2. Литвяков, А. М. Профессиональные болезни: курс лекций / А. М. Литвяков, А. Н. Щупакова. — Витебск: Изд-во ВГМУ, 2011. — 223 с.
3. Кицул, И. С. Применение технологий риск-менеджмента в системе оказания медицинской помощи / И. С. Кицул, Б. С. Балханов, Н. К. Бадмаева // Менеджер здравоохранения. — 2012. — № 10. — С. 7–15.
4. Завражский, А. В. Особенности классификации рисков медицинских организаций / А. В. Завражский // Теоретическая и прикладная экономика. — 2017. — № 3. — С. 90–105.
5. Рискологический подход в управлении профессиональными рисками при осуществлении медицинской деятельности / М. М. Солтан [и др.] // Сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. «Здоровье и окружающая среда», посвященной 95-летию республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» (Минск, 24–25 ноября 2022 г.) / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; редкол.: С. И. Сычик [и др.]; под общ. ред. А. А. Тарасенко. — Минск: Изд. центр БГУ, 2022. — С. 254–258.

Поступила 04.09.2023



## COVID-19 — АССОЦИИРОВАННЫЕ КОЛИТЫ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ В ПРАКТИКЕ ПРОФПАТОЛОГА

*Шеенкова М. В., к. м. н., sheenkova.mv@fnscg.ru,  
Васильченко А. В., vasilchenko.av@fnscg.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Медработники подвергаются риску развития профессиональных заболеваний, связанных с воздействием биологического фактора. В 2020 г. распространение вируса SARS-CoV-2, сместившего с лидирующих позиций факторов рабочей среды медицинских организаций возбудителя туберкулезной инфекции, привело к многократному увеличению доли профессиональных заболеваний инфекционной этиологии. В 2022 г. структура профессиональной заболеваемости постепенно возвращается к показателям «доковидных» лет. В группе заболеваний, обусловленных воздействием биологических факторов, первое ранговое место занимают патологии, вызванные новой коронавирусной инфекцией, второе — туберкулез, третье — бруцеллез. После разразившейся пандемии коронавируса исследование особенностей биологического производственного фактора становится актуальным как никогда, уроки прошлого должны быть выучены.

Одним из грозных, часто смертельных осложнений коронавирусной инфекции является поражение толстого кишечника. Ковид-ассоциированные колиты имеют полиэтиологическую природу. Помимо антибиотикотерапии как причины возникновения псевдомембранозного колита обсуждаются непосредственная тропность SARS-CoV-2 к клеткам кишечного эпителия, способность вируса поражать эндотелиальные клетки сосудов, вызывая полиорганную патологию, ятрогенные механизмы поражения слизистой [1].

Изучение эмпирических моделей поражения кишечника при коронавирусной инфекции профессионального генеза помимо теоретического интереса представляет практическую значимость, связанную с выбором оптимальной схемы профилактики колита при работе с биологическим фактором. На примере ковидных колитов обоснована научная разработка системы профилактики поражения кишечника в условиях работы с возбудителями инфекционных заболеваний.

Целью работы является систематический обзор современных научных данных о клинических особенностях колитов, ассоциированных с коронавирусной инфекцией, с позиций совершенствования подхода к профилактике поражения кишечника медицинских работников.

Исследование носит описательный характер и основано на изучении ранее проведенных работ с использованием метода анализа, обобщения современной отечественной и зарубежной научной литературы.

Вирус SARS-CoV-2 отнесен ко II группе патогенности, куда в соответствии с Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 4 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 3.3686–21 „Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней“» входят вирусы, вызывающие тяжелые, опасные для жизни инфекционные заболевания человека.

Наличие на рабочем месте медицинского работника пациентов — источников вируса COVID-19, в том числе находящихся в инкубационном периоде заболевания, и бессимптомных носителей, с учетом тяжелого течения инфекции SARS-CoV-2, послужило основанием для включения данной нозологии в число профессиональных заболеваний медицинских работников. Следует отметить, что в Перечне профессиональных заболеваний, утвержденном приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 27.04.2012 № 417н «Об утверждении перечня профессиональных заболеваний», инфекционные патологии, обусловленные воздействием биологических факторов, представлены без уточнения нозологических форм и имеют двойное кодирование по международной классификации болезней: код заболевания и код внешней причины. Используемый код T75.8 является собирательным понятием, включает все нозологические формы инфекционных и паразитарных заболеваний, возникшие вследствие доказанного воздействия вредного производственного фактора на рабочем месте.

Типичные респираторные проявления коронавирусной инфекции часто сопровождаются поражением желудочно-кишечного тракта [2]. Вирусовыделительство со стулом может сохраняться до 33 дней от начала заболевания даже после отрицательных мазков, взятых из респираторного тракта [1, 2].

Расстройства пищеварения выявляются не только в острый инфекционный период, но и при постковидном синдроме. Степень тяжести COVID-19 коррелирует с частотой и выраженностью поражения кишечного эпителия.

По многочисленным клиническим наблюдениям, проявлениям колита предшествуют диспепсические жалобы — тяжесть в эпигастральной области, тошнота, отрыжка, потеря аппетита. Наиболее частые симптомы поражения кишечника, ассоциированные с новой коронавирусной инфекцией, — боль в животе и диарея [3].

Диарея носит легкий или умеренный характер со средней продолжительностью 4–6 дней (описаны случаи от 1 до 14 дней в острую фазу заболевания), наблюдается до и после диагностики COVID-19. Частота стула в среднем составляет 5–8 раз в сутки, описаны случаи до 30 раз в сутки. Диарея, как правило, водная, без слизи и крови. Появление в кале патологических примесей свидетельствует о тяжелом течении колита, в том числе органическом поражении слизистой оболочки. Подобные изменения сопровождаются повышением острофазовых показателей (СОЭ, фибриноген, с-реактивный белок), появлением гипохромной анемии [1].

Случаи легкого поражения кишечника не сопровождаются дегидратацией, в копрограмме отсутствуют лейкоциты, не обнаруживаются токсины *Clostridioides difficile*. В большинстве случаев диарея и другие симптомы поражения желудочно-кишечного тракта развиваются одновременно с поражением дыхательной системы; у части пациентов отмечается купирование диареи на фоне противовирусной терапии (лопинавир и ритонавир) [4].

Клинические проявления поражения кишечника в большинстве случаев постепенно уменьшаются и исчезают во время госпитализации, но у некоторых пациентов наблюдается обратная динамика — количество актов дефекации растет вместе с временем пребывания в стационаре [5].

Колиты, ассоциированные с инфекцией COVID-19, являются полиэтиологической патологией. К факторам поражения кишечника относятся прямые цитопатические эффекты SARS-CoV-2, аномальный иммунный ответ, ишемическое/гипоксическое повреждение. Дисрегуляция ренин-ангиотензин-альдостероновой системы вызывает ионный дисбаланс, нарушение целостности кишечного барьера и воспаление, что лежит в основе секреторной диареи при COVID-19 [5].

В качестве ятрогенной причины диареи может рассматриваться применение противовирусных, антибактериальных препаратов, иммуносупрессоров [1]. Диарея является распространенной побочной реакцией на ряд антибиотиков (цефалоспорины, макролиды, фторхинолоны), возникает вследствие прямого мотилиноподобного эффекта препаратов или является результатом нарушений нормальной микробиоты кишечника. Дисбиотические нарушения кишечника, в свою очередь, приводят к повышению проницаемости эпителиального барьера, что может усугубить существующие симптомы и ухудшить прогноз. Лечение антибиотиками широкого спектра действия повышает риск инфекции *Clostridioides difficile*, в том числе в постковидном периоде. При коинфекциях, вызванных SARS-CoV-2 и *Clostridioides difficile*, повреждение кишечника является более обширным с тяжелыми симптомами диареи [1]. Часто вызывают диарею ингибиторы ИЛ-6 и рецепторов ИЛ-6, такие как тоцилизумаб, сарилумаб и силтуксимаб. [2].

Помимо органических поражений кишечной стенки, ассоциированных с SARS-CoV-2 инфекцией, в период распространения COVID-19 создаются предпосылки для роста частоты функциональных заболеваний желудочно-кишечного тракта из-за возникновения психологического стресса, обусловленного большим информационным потоком о новой серьезной инфекции, страхом инфицирования [5]. Выделение функциональных расстройств кишечника как причины диареи важно с позиций планирования реабилитационных мероприятий в постковидном периоде. Своевременная и адекватная специализированная помощь по медицинской реабилитации может иметь решающее значение для сохранения здоровья, снижения инвалидности и смертности больных.

В рамках проведенной работы установлено, что инфекция COVID-19, с которой сталкиваются медицинские работники в процессе трудовой деятельности, часто сопровождается нарушением структуры и функции толстого кишечника, что требует проведения профилактических мероприятий. Механизмы поражения дистальных отделов желудочно-кишечного тракта могут быть различны. Спектр диагностических и лечебных вмешательств, направленных на профилактику колитов, ассоциированных с SARS-CoV-2 инфекцией, определяется этиологическими и патогенетическими особенностями поражения кишечной стенки, требует клинической разработки в практике специалистов-профпатологов.

## Литература

1. Псевдомембранозный колит после антибактериальной терапии COVID-19 / М. А. Скуратова [и др.] // Клиническая медицина. — 2021. — Т. 99, № 4. — С. 295–300.

2. Клинические особенности поражения желудочно-кишечного тракта у больных с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 / М. С. Турчина [и др.] // Актуальные проблемы медицины. — 2021. — Т. 44, № 1. — С. 5–15.

3. Сахоненко, Л. В. Клинические особенности поражения желудочно-кишечного тракта при новой коронавирусной инфекции (COVID-19) / Л. В. Сахоненко, М. В. Мокшина // Тихоокеанский мед. журн. — 2021. — № 2 (84). — С. 99–100.

4. Особенности состояния кишечника на фоне коронавирусной инфекции / Т. Б. Топчий [и др.] // Терапевт. архив. — 2022. — Т. 94, № 7. — С. 920–926.

5. Лялюкова, Е. А. Патогенез диареи у пациентов с COVID-19 и подходы к терапии / Е. А. Лялюкова // Лечащий врач. — 2022. — № 5–6. — С. 77–83.

Поступила 25.08.2023

## **ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ КОЖИ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ**

*Яцына И. В., д. м. н., профессор, progkoga@inbox.ru,  
Астахова И. В., astahova.iv@fncg.ru,  
Шумихин А. Э., shumikhin.ae@fncg.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Изучение влияния факторов производственной среды на организм человека всегда будет являться динамичным процессом по причине постоянно изменяющихся условий труда, связанных с технологическим прогрессом. Профессионально обусловленные заболевания — группа болезней, полиэтиологических по своей природе, в возникновение которых производственные факторы вносят определенный вклад. Данная группа заболеваний характеризуется широкой распространенностью, ограниченными сведениями о количественных показателях условий труда, определяющих развитие болезней, и серьезными социальными последствиями в виде увеличения количества заболеваемости с временной утратой трудоспособности, продолжительности и качества жизни и в том числе смертности [1]. Вопрос обсуждаемой проблемы профессионально обусловленной заболеваемости дерматологической направленности, вызванной воздействием ультрафиолета, в первую очередь актуален для работников таких сфер, как рыбная, строительная, лесозаготовительная промышленность, сельское хозяйство и др. В связи с многофакториальностью профессионально обусловленных заболеваний выявление достоверной связи заболевания с профессией представляет собой крайне сложную задачу.

Целью нашей работы являлось изучение существующей литературы на тему распространенности заболеваний, индуцированных ультрафиолетовым облучением, в профессиональной среде. При анализе общедоступных публикаций, к сожалению, нами не было найдено исследований, полностью удовлетворяющих критериям запроса.

Значимость ультрафиолетового облучения в развитии заболеваний кожи в дерматологической практике известна давно. Однако в рамках медицины труда, учитывая количество публикаций на данную тему, вопрос влияния естественной солнечной радиации на развитие профессионально обусловленных заболеваний кожи изучен недостаточно. В качестве средств индивидуальной защиты трудящихся на открытом воздухе (работники агропромышленного комплекса, промышленные альпинисты, кровельщики и др.) используются: костюм для защиты от механических воздействий (истирания); обувь специальная для защиты от механических воздействий (истирания); перчатки для защиты от механических воздействий (истирания); головной убор для защиты от общих производственных загрязнений. Большинство головных уборов не предусматривают наличие защитного козырька, а в случае наличия такового нельзя полностью исключить влияние отраженного ультрафиолета. Кроме того, в законодательных актах не регламентировано использование в качестве материалов для создания средств индивидуальной защиты тканей с ультрафиолетовым фактором защиты, в том числе работниками не используются наружные средства с солнцезащитными компонентами [2].

Ультрафиолетовое излучение — неионизирующее излучение оптического диапазона, которое условно подразделяется на коротковолновое (УФС, UVC — с длиной волны 200–280 нм), средневол-

новое (УФБ, UVB — с длиной волны 280–320 нм) и длинноволновое (УФА, UVA — с длиной волны 320–400 нм). До поверхности Земли доходит излучение в диапазоне 280–400 нм (УФБ и УФА), в то время как более короткие волны (УФС) поглощаются озоном стратосферы. Поэтому в практическом отношении принято изучать УФА- и УФБ-излучение. Исторически в большей степени изучалось влияние УФБ-излучения, ответственного не только за синтез витамина D, но и за стимуляцию меланогенеза и развитие гиперпигментации, получение ожогов, способное привести впоследствии к возникновению рака кожи и меланомы. Ультрафиолетовые лучи спектра В обладают энергией, в 1000 раз превышающей энергию лучей спектра А, тем не менее примерно 90% УФБ-излучения задерживается роговым слоем эпидермиса, однако часть лучей способна достигнуть шиповатого слоя эпидермиса. При этом около 50–60% лучей спектра А способны проникать в глубокие слои кожи, достигая сосочкового и сетчатого слоев дермы, вызывая снижение эластичности и упругости кожи, стимулируя фотостарение, фоточувствительность и иммуносупрессию. Кроме того, УФА-лучи, в отличие от УФБ-лучей, не смягчаются при прохождении озонового слоя и проникают через облака и стекло, оказывая влияние на кожу в течение всего светового дня. Наиболее серьезным последствием длительного синергического воздействия УФА- и преимущественно УФБ-лучей является повреждение ДНК, образование свободных радикалов и, как следствие, фотостарение и стимуляция канцерогенеза в части случаев первоначально в виде актинического кератоза, в дальнейшем в виде плоскоклеточного и базальноклеточного рака кожи, меланомы [3].

Важно не забывать и о пользе солнечного излучения: кроме участия в синтезе витамина D УФ-излучение усиливает обмен веществ, улучшает работу желез внутренней секреции, оказывает общеукрепляющее и выраженное антидепрессивное действие. А также ультрафиолет оказывает терапевтическое воздействие при таких кожных заболеваниях, как псориаз, атопический дерматит, параспориоз, красный плоский лишай, склеродермия, начальные стадии лимфом кожи и не только. Здесь стоит отметить, что использование наружных средств с различными УФ-фильтрами не влияет на положительный эффект от солнечного излучения: в 2019 г. группа исследователей провела крупный обзор литературы, опубликованной с 1996 по 2017 г., и рассмотрела все статьи на тему витамина D и санскринов, было установлено, что использование крема для ежедневной фотозащиты не нарушает синтез витамина D [4].

Для оценки вероятности негативного влияния УФ-излучения как в обычной жизни, так и в профессиональной среде важно учитывать различную восприимчивость кожи к солнечной радиации у людей с разным фототипом. Существует несколько вариантов классификации фототипов кожи, применяемых дерматологами разных стран. Наиболее популярной считается классификация по Фитцпатрику, где выделяют VI фототипов кожи от наиболее светлого к наиболее темному. I фототип характеризуется светлой кожей и светлыми или рыжими волосами, голубыми глазами, а также неспособностью получить загар, при пребывании на солнце отмечается появление эритемы, тогда как для представителей VI фототипа характерна черная кожа, резистентная к УФ-излучению, остальные фототипы являются промежуточными. Также при изучении влияния ультрафиолета на трудящихся необходимо учитывать локализацию производств, предприятий или объектов, где работники вынуждены длительно пребывать под воздействием солнечного излучения. Известно, что в различных регионах РФ и стран СНГ интенсивность УФ-излучения вариабельна, однако подробно данный вопрос не изучался.

Помимо острой УФ-индуцированной эритемы, фотостарения и канцерогенеза, под воздействием солнечного излучения могут развиваться фототоксические и фотоаллергические реакции, появление которых возможно при совместном действии ультрафиолета и химических веществ (косметики, медикаментов, растений), что актуально для трудящихся в сельском хозяйстве, при этом в части случаев дебют заболевания возможен у любого человека, а в части случаев — лишь у sensibilizированных людей [3].

Также ультрафиолетовое излучение способно индуцировать ряд дерматозов. Повреждение кожи от ультрафиолета играет важную роль в механизмах развития таких заболеваний, как розацеа, мелазма, пойкилодермия Сиватта, системная и дискоидная красная волчанка, актинический порокератоз, транзиторный акантолитический дерматоз Гровера, актинический ретикулоид и ряд других. Большинство заболеваний из этого списка крайне редко правильно диагностируются на начальных этапах развития дерматологами на амбулаторных приемах в профильных учреждениях, еще реже при периодических медицинских осмотрах, учитывая формальность подхода медицинского персонала, работодателя и самих трудящихся. Следовательно, относительно невысокая выявляемость данных заболеваний связана не столько с низкой распространенностью, сколько с недостаточным клиническим опытом медицинского персонала при их верификации. Учитывая низкую вероятность выявления данных заболеваний узким специалистом, врачу-профпатологу, больше всего работающему

с профессиональными больными, заподозрить такой диагноз практически невозможно. Ситуацию усугубляет установленная система связи заболевания с работой по регламентированному списку профзаболеваний, как следствие, нозологии, отсутствующие в этом списке, практически никак не принимаются во внимание ни узкими специалистами, ни профпатологами, несмотря на наличие вредного производственного фактора в виде УФ-излучения, что дает на порядок заниженную статистику профессиональных заболеваний.

Достаточно сложным представляется изменение законодательства для диагностики профессиональных заболеваний. Также проблемно изменить уровень подготовки специалистов для повышения выявляемости заболеваний. Намного реальнее представляется возможность введения дополнительных защитных средств в профессиональную среду, в частности СИЗ с защитой от ультрафиолета и наружных смываемых средств с санскринами в составе. В добавление к вышесказанному стоит отметить важность санитарно-просветительной работы: работники должны быть осведомлены о рисках, связанных с длительным воздействием ультрафиолетового излучения, и обучены правильным методам защиты кожи. Широко известно, что предупредить заболевание намного проще, чем лечить.

К сожалению, учитывая существующие экономические сложности, исторически сложившиеся установки при диагностике профессиональных заболеваний, руководители предприятий, сами трудящиеся и даже медицинские работники редко заинтересованы в доказательстве связи заболевания с профессией. Но приоритетной задачей медицинских работников прежде всего должна быть защита здоровья населения.

Таким образом, несмотря на отсутствие исследований изучаемой направленности, опираясь на обнаруженные нами работы на смежные темы, собственный опыт периодических медицинских осмотров трудящихся как без установленных диагнозов профессиональных заболеваний, так и с диагностированными профессиональными патологиями различных органов и систем, мы можем предположить достаточную распространенность актинических поражений кожи у трудящихся на открытом воздухе и сделать заключение о недооцененности данной нозологической группы.

В заключение хотелось бы еще раз подчеркнуть, что профессиональные и профессионально обусловленные заболевания кожи при длительном воздействии ультрафиолетового облучения являются серьезной проблемой для работников, подвергающихся регулярному влиянию солнечного излучения. Правильная профилактика и защита в виде применения специализированных средств индивидуальной защиты, использования наружных солнцезащитных средств могут существенно снизить риск возникновения данных заболеваний. Работодатели и работники должны быть осведомлены о необходимости защиты кожи и принимать соответствующие меры для минимизации воздействия ультрафиолетового излучения. Тем не менее, данный вопрос требует дальнейшего изучения, разработки качественных и эффективных средств защиты, усиления доказательной базы путем проведения дополнительных исследований в этой сфере.

## Литература

1. Измеров, Н. Ф. Гигиена труда: учебник / Н. Ф. Измеров, В. Ф. Кириллов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. — 480 с.
2. Об утверждении Единых типовых норм выдачи средств индивидуальной защиты и смывающих средств [Электронный ресурс]: приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 октября 2021 года № 767н // КонтурНорматив. — Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=422438>. — Дата доступа: 11.09.2023.
3. Олисова, О. Ю. Кожа и солнце / О. Ю. Олисова, Е. В. Владимирова, А. М. Бабушкин // Рос. журнал кожных и венерических болезней. — 2012. — № 6. — С. 57–62.
4. Sunscreen photoprotection and vitamin D status / T. Passeron [et al.] // British Journal of Dermatology. — 2019. — Vol. 181, № 5. — P. 916–931.

Поступила 22.09.2023

## КОМОРБИДНАЯ СОМАТИЧЕСКАЯ ПАТОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОСВАРЩИКОВ С ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

<sup>1</sup>Яцына И. В., д. м. н., профессор, [yatsyna.iv@fncg.ru](mailto:yatsyna.iv@fncg.ru),

<sup>1</sup>Шеенкова М. В., к. м. н., [sheenkova.mv@fncg.ru](mailto:sheenkova.mv@fncg.ru),

<sup>1</sup>Истомин А. В., д. м. н., профессор, [istominav@fferisman.ru](mailto:istominav@fferisman.ru),

<sup>2</sup>Савичева Н. М., к. м. н., доцент, [da-da-da@inbox.ru](mailto:da-da-da@inbox.ru)

<sup>1</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия;

<sup>2</sup>Академия постдипломного образования Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства», г. Москва, Россия

Актуальность изучения сопутствующей соматической патологии при работе в условиях воздействия промышленных аэрозолей связана с необходимостью своевременного проведения диагностических и профилактических мероприятий. В современной клинической практике чаще встречается фиброгенное и раздражающее действие промышленных аэрозолей, что подтверждается структурой профессиональных заболеваний, связанных с воздействием производственных химических факторов, в Российской Федерации в 2022 г.: первое место занимают пневмокониозы (28,78%), второе место — хроническая обструктивная болезнь легких (23,26%), третье место — хронические бронхиты (13,40%) [1].

Помимо вышеуказанных эффектов промышленные аэрозоли в зависимости от физических и химических особенностей оказывают на организм токсическое, алергизирующее, канцерогенное, ионизирующее действие [2].

Высокая востребованность технологических процессов электросварки и резки металлов в ведущих отраслях промышленности, а также разнонаправленное действие на организм сложной смеси твердых частиц и газов, находящихся в воздухе рабочей зоны в процессе сварочных работ, диктуют необходимость изучения особенностей действия сварочного аэрозоля (далее — СА) на организм работников [3]. Частицы твердой составляющей СА имеют высокую дисперсность (0,01–0,1 мкм) и включают широкий спектр металлов (Fe, Mn, Cr, Ni, Cu, Al и др.), их окислов и более сложных комплексных соединений в сочетании с газами (CO, HF, NO, NO<sub>2</sub>). Наиболее токсичным компонентом сварочного аэрозоля является марганец, способный поступать в организм через легкие [4].

Распространенными профессиональными заболеваниями среди работников сварочных профессий являются пневмокониоз и хронический бронхит, при этом воздействие СА на органы дыхания характеризуется низкой фиброгенностью и доброкачественным течением заболеваний, где слабо выраженные пневмокониотические изменения развиваются на фоне отчетливой общей реакции организма [5]. Комбинированное воздействие вредных веществ сварочного аэрозоля приводит к развитию сочетанной патологии: поражению центральной нервной системы, повышению частоты соматических заболеваний. Специфика воздействия аэрозоля на организм, определяющая сопутствующую соматическую патологию, выявляется при сравнении состояния здоровья работников с профессиональными заболеваниями органов дыхания от промышленных аэрозолей различного состава.

Целью работы явилось изучение особенностей сопутствующей соматической патологии при формировании профессиональных заболеваний органов дыхания работников сварочных профессий.

В основную группу исследования вошли 66 электросварщиков с установленными диагнозами заболеваний — пневмокониоз, хронический профессиональный бронхит. Контрольную группу составили 74 работника горно-обогатительных комбинатов с профессиональными заболеваниями органов дыхания от воздействия кварцсодержащей пыли, не оказывающей токсического эффекта, — силикоз, хроническая обструктивная болезнь легких, хронический профессиональный бронхит. Профессиональный состав контрольной группы — дробильщики, машинисты конвейера, слесари, машинисты экскаватора. Все обследованные мужского пола. Средний возраст участников основной и контрольной групп составил  $53,2 \pm 5,1$  и  $54,1 \pm 5,3$  года соответственно, средний стаж работы в условиях воздействия промышленного аэрозоля  $22,8 \pm 6,7$  и  $22,3 \pm 6,9$  года соответственно. Статистически значимые различия между группами по степени нарушения функции внешнего дыхания, уровню употребления алкоголя, индексу курения и индексу массы тела отсутствовали.

Всем обследованным проведено анкетирование для выявления отягощенного анамнеза, клиничко-лабораторное исследование, включающее клинический и биохимический анализ крови, рентгенологическое обследование легких, исследование функции внешнего дыхания, ЭКГ, ультразвуковое исследование сердца, органов брюшной полости, почек, эзофагогастродуоденоскопию (далее — ЭГДС). Исследования выполнены на лицензированном оборудовании по стандартным методикам в условиях ФБУН «ФНЦГ им. Ф. Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора.

Статистический анализ проводился с использованием значений средней величины (M) и стандартного отклонения (SD). Достоверность различий оценивалась с применением критерия Вилкоксона — Манна — Уитни (W). Различия считались статистически значимыми при достижении уровня значимости  $p < 0,05$ .

Обследование сердечно-сосудистой системы выявило высокую распространенность атерогенной дислипидемии в виде повышения общего холестерина (далее — ОХ), липопротеидов низкой плотности (далее — ЛПНП), триглицеридов (далее — ТГ) и/или снижения целевого уровня липопротеидов высокой плотности (далее — ЛПВП). Среди обследованных основной группы нарушения липидного профиля выявлены в 47,3% случаев, в контрольной группе — в 50,0% случаев. Показатели липидного профиля не имели значимых различий между группами ( $p > 0,05$ ).

Уровень ОХ обследованных основной группы составил  $5,6 \pm 1,1$  ммоль/л, контрольной группы —  $5,7 \pm 1,2$  ммоль/л; ЛПНП основной группы —  $3,7 \pm 1,0$  ммоль/л, контрольной группы —  $3,9 \pm 1,2$  ммоль/л, ТГ основной группы —  $1,4 \pm 0,6$  ммоль/л, 2-й группы —  $1,6 \pm 0,7$  ммоль/л, ЛПВП 1 группы —  $1,3 \pm 0,5$  ммоль/л, контрольной группы —  $1,1 \pm 0,3$  ммоль/л.

Среди обследованных с профессиональными заболеваниями органов дыхания от воздействия СА выявлена гипертоническая болезнь без поражения органов-мишеней и ассоциированных клинических состояний в 36,4% случаев, гипертоническая болезнь II и III стадий — у 27,8% обследованных; ишемическая болезнь сердца (далее — ИБС) диагностирована в 4,5% случаев. В группе пациентов с профессиональной патологией респираторного тракта от воздействия кварцсодержащей пыли гипертоническая болезнь I стадии выявлена в 29,7% случаев, II и III стадии — в 35,2% случаев, ИБС — в 9,5% случаев. Статистически значимых различий между группами по частоте сердечно-сосудистых заболеваний не выявлено ( $p > 0,05$ ).

Признаки повреждения почек и/или снижение функции, оцениваемое по величине скорости клубочковой фильтрации, чаще определялись среди обследованных основной группы — 31,1% случаев, в контрольной группе — 17,5% случаев, без достоверных различий между обследованными основной и контрольной группами ( $p > 0,05$ ). Средние значения показателя азотистого метаболизма креатинина находились в пределах референтных значений у обследованных обеих групп (от  $91,8 \pm 14,34$  до  $93,8 \pm 13,7$  мкмоль/л).

По результатам ЭГДС верхних отделов желудочно-кишечного тракта повреждение слизистой оболочки выявлено в основной группе в 72,7% случаев, из них в 40,9% случаев определялись эрозивно-язвенные дефекты. В контрольной группе повреждение слизистой выявлено в 50,0% случаев, из них органическое поражение в 33,7% случаев. Различия между группами по частоте поражения слизистой оболочки верхних отделов ЖКТ достигали статистически значимого уровня ( $p < 0,05$ ).

Повреждение печени, установленное по результатам функциональных печеночных проб и ультразвуковых признаков, достоверно чаще отмечалось среди обследованных основной группы (31,8% случаев) при сравнении с контрольной группой (10,8% случаев),  $p < 0,05$ .

Средние показатели билирубина обследованных основной и контрольной групп находились в пределах  $14,3 \pm 6,9$ – $16,2 \pm 8,6$ , уровень АсАТ составил  $25,07 \pm 7,6$  в основной группе,  $24,3 \pm 11,1$  в контрольной группе ( $p > 0,05$ ). Отмечалось статистически значимое повышение активности АлАТ среди обследованных основной группы ( $34,0 \pm 16,2$  Ед/л) при сравнении с обследованными контрольной группы ( $26,9 \pm 17,3$  Ед/л),  $p < 0,05$ .

Значимых различий между группами обследованных по распространенности сахарного диабета не отмечено, заболевание выявлено в основной группе в 4,5% случаев, в контрольной группе в 4,0% случаев ( $p > 0,05$ ).

По результатам проведенного исследования выявлено, что наиболее часто встречаемая коморбидная соматическая патология при профессиональных заболеваниях легких в результате воздействия сварочного аэрозоля, обладающего фиброгенным, раздражающим и токсическим действием на организм, — это поражение слизистой оболочки пищевода, желудка и двенадцатиперстной кишки (72,7%), реже встречаются: дислипидемии (47,3%), гипертоническая болезнь I стадии (36,4%), патология печени (31,8%), повреждение почек (31,1%), гипертоническая болезнь II и III стадии (27,8%). ИБС и сахарный диабет выявляются значительно реже — в 4,5% случаев для каждой нозологии.

Выявлено статистически значимое преобладание случаев поражения слизистой верхних отделов ЖКТ и патологии печени среди обследованных с хроническими профессиональными заболеваниями органов дыхания от воздействия сварочного аэрозоля при сравнении с контрольной группой обследованных, подвергавшихся воздействию кварцсодержащей пыли, не обладающей токсическим действием на организм.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что воздействие сварочного аэрозоля, приводящее к формированию профессиональных заболеваний органов дыхания, повышает частоту сочетанной соматической патологии в виде поражения слизистой оболочки верхних отделов ЖКТ и повреждения печени.

Полученные данные связаны с токсическим воздействием частиц сварочного аэрозоля на организм и требуют разработки дополнительных медико-профилактических мероприятий для электросварщиков.

## Литература

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад. — М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. — 68 с.

2. Негативное влияние промышленной пыли на здоровье человека / З. А. Батчаева // Междунар. журн. гуманитарных и естественных наук. — 2023. — № 4–3 (79). — С. 10–12.

3. Стасева, Е. В. Особенности условий и охраны труда специалистов ручной электросварки / Е. В. Стасева, С. Г. Демченко, Ю. М. Онисковец // Безопасность техногенных и природных систем. — 2020. — № 3. — С. 16–20.

4. Влияние условий труда на показатели кардиореспираторной системы и крови у электросварщиков с различным стажем работы / А. В. Елифанов [и др.] // Экология человека. — 2018. — № 3. — С. 27–32.

5. Сюрин, С. А. Особенности развития болезней органов дыхания при экспозиции к сварочному аэрозолю и табачному дыму / С. А. Сюрин // Гигиена и санитария. — 2021. — Т. 100, № 8. — С. 818–825.

Поступила 06.09.2023



## Раздел 3

# МЕДИЦИНА ТРУДА И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПАТОЛОГИЯ. ТЕЗИСЫ

## СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА И СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ СРЕДНЕГО МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА

*Агеев Д. В., ageevdimon88@mail.ru*

Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский университет имени академика Е. А. Букетова», г. Караганда, Республика Казахстан

Профессия медицинской сестры (далее — медсестра) в операционном отделении требует специальных знаний и широкого круга навыков. Операционная медсестра должна быть ответственной, требовательной, доброй, терпеливой, иметь полный операционный опыт медсестры во всех областях хирургического сектора и быть специалистом в своей области. Особенно широка и ответственна роль медсестры в операционном периоде. Медсестра в операционной должна работать в рамках применения новых сестринских технологий.

Главной задачей операционной медсестры является снижение риска послеоперационных осложнений. Медсестра несет моральное и юридическое обязательство по уходу за хирургическими больными на всех этапах лечения, за операционное оборудование. Поэтому четкая организация сестринской службы является гарантией качественной работы операционного отделения.

Цель исследования — дать социально-гигиеническую оценку условиям труда и состоянию здоровья среднего медицинского персонала.

Объектом исследования являлись 84 медсестры операционного блока в возрасте от 19 до 59 лет. Стаж работы —  $17,5 \pm 1,35$  года. Исследуемые были разделены на 3 возрастные категории: до 30 лет, 30–45 лет и более 45 лет. Социологический опрос проводили с помощью анкеты оценки медико-профилактической активности и самооценки собственного здоровья. Характерная особенность данного метода — его анонимность (личность опрашиваемого не регистрируется, фиксируются только ответы респондента). Анкетирование проводится в тех случаях, когда нужно получить мнения работающих по интересующим вопросам и охватить за короткий срок как можно большее число опрашиваемых. Составляя анкету, нужно учитывать, что любая анкета начинается с вступительной части, в которой содержится обращение к опрашиваемому, разъясняются цели опроса и правила заполнения анкеты. Заполненная анкета подтверждалась согласием на участие в опросе. Анкета начинается с вводной части — «Паспортички», т. е. на данном этапе респондента просят сообщить о себе некоторые данные (пол, возраст, образование, стаж, рост, вес, отделение), после этого идет основная часть. Важным моментом при составлении анкеты является правильная формулировка и расстановка вопросов. Оценка заболеваемости по нозологиям проводилась с помощью анкеты WAI (WorkAbilityIndex), где оценивалось только число болезней, которые были установлены врачом. Статистическую обработку проводили с помощью пакета программ Microsoft Excel 2019 и Statistica 10.0. Обработка анкет заключалась в подсчете ответов в процентах к общему числу респондентов в каждой возрастной группе, в определении процентной погрешности (ошибка доли).

В результате анкетного опроса медсестер операционного блока установлено, что в возрастной группе до 30 лет условия труда как хорошие оценили 41,6% респондентов, как удовлетворительные — 50,4% респондентов. Выявлено, что неудовлетворенность условиями труда с возрастом уменьшается, а положительная оценка увеличивается. Так, если в возрастных группах до 30 лет и 30–45 лет условия труда как неудовлетворительные отметили 10,0%, то в возрастной группе более 45 лет такие оценки отсутствовали. Это свидетельствует о том, что в более молодом возрасте медсестры более требовательно относятся к рабочему месту и условиям труда, чем в более старшем возрасте.

Установлено, что среди факторов, затрудняющих трудовую деятельность медсестер операционного блока, отмечались некомфортная температура, плохая освещенность рабочих мест, сквозняки и шум. Так, медсестры до 30 лет отдавали предпочтение хорошей освещенности и комфортной температуре (по 25,0%), отмечали негативное отношение к сквознякам (25,0%); в возрасте 30–45 лет преобладали ответы, касающиеся негативного отношения к сквознякам (40,0%), отдавалось пред-

почтение хорошей освещенности (30,0%); в возрасте 45 лет и выше — комфортной температуре (37,5%) и отмечалось негативное отношение к сквознякам и шуму (по 25,0%).

Результаты анкетирования в части требований, предъявляемых к профессиональной деятельности, показали, что работа медсестры требует определенных физических (33,3%) и умственных (18,9%) усилий, психического равновесия (22,1%).

Медсестры операционного блока отмечают необходимость положительной мотивации к труду (52,0%), уважительного отношения к пациентам (48,0%), ведения здорового образа жизни (16,0%). Также медсестры указывают на необходимость наличия «уверенности в себе» (58,3%) и умения «не теряться в сложных ситуациях» (70,0%), преобладающее — в возрастной группе 30–45 лет. В процессе трудовой деятельности у медсестер преобладало состояние эмоциональной напряженности (50,0–40,0%). Треть опрошенных затруднились ответить на данный вопрос. 75,0% медсестер отметили необходимость в двигательной активности.

Операционные медсестры оценивают свое состояние здоровья как удовлетворительное. Так, у них отмечены заболевания дыхательных путей (25%), пищеварительной системы (20–25%). Они указывают на нарушения режима питания, в том числе однообразное питание, избыток углеводов, употребление горячей пищи всего 1 или 2 раза в сутки.

У медсестер наблюдаются сердечно-сосудистые заболевания, что подтверждается нашими предыдущими исследованиями, которые показали наличие связи между умственным напряжением, физической нагрузкой и усталостью, умственными усилиями, психическим равновесием и нервно-эмоциональным напряжением, которые способствуют развитию сердечно-сосудистых заболеваний (Смагулов Н. К., Агеев Д. В., 2023). Недостаточное внимание к собственному здоровью медицинских сестер можно объяснить тем, что, по их мнению, в вопросах здоровья они являются профессионалами и способны без чьей-либо помощи сами позаботиться о своем здоровье. Так, на вопрос «Достаточно ли Вы заботитесь о своем здоровье?» более половины респондентов всех возрастов ответили «Мог бы заботиться больше» (52,9; 52,7 и 58,5% респондентов), а 19,5% лиц старшей возрастной группы (более 45 лет) — «недостаточно». К тому же при возникновении первых признаков заболевания только 10% (до 30 лет) и 9,7% (более 45 лет) респондентов сразу обращаются к врачу. Большинство (41,5 и 60,0% соответственно) обращаются к врачу только при плохом самочувствии, а треть опрошиваемых (25,0 и 34,2% соответственно) лечатся самостоятельно. Только во второй возрастной группе 30–45 лет имеются различия. Так, сразу обращаются к врачу 20,5% опрошенных, при плохом самочувствии — 26,4%, занимаются самолечением — 44,1%.

Таким образом, проведенные исследования показали, что условия труда респонденты оценивают как хорошие — удовлетворительные. Ведущими негативными производственными факторами являются температура, сквозняки, освещенность, шум и нервно-эмоциональная напряженность. Работа медицинской сестры требует физических усилий, умственных усилий, психического равновесия. При подобной оценке необходимо не ограничиваться только физиолого-статистическими методами, но и использовать метод анкетного опроса, так как он предоставляет возможность оценить потенциальные возможности организма и выявить изменения его функционального состояния под воздействием различных профессиональных нагрузок, свойственных медицинскому труду.

Поступила 15.09.2023

## **СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ТРАКТОРИСТОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**

*Ваганова Д. М., kon-pol-otd@mail.ru,*

*Бакиров А. Б., д. м. н., профессор, kon-pol-otd@mail.ru,*

*Масягутова Л. М., д. м. н., kdl.ufa@rambler.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия

Сердечно-сосудистые заболевания — основная причина смертности в большинстве экономически развитых стран мира. Производственные факторы, такие как шум, вибрация, неблагоприятный микроклимат, тяжесть и напряженность трудового процесса, действующие в процессе работы на трактористов сельского хозяйства, способны оказать влияние на развитие сердечно-сосудистой патологии.

Проведено углубленное стационарное обследование 34 трактористов, работающих в агропромышленном комплексе Республики Башкортостан. Все обследованные — мужчины в возрасте 20–59 лет, средний возраст  $40,6 \pm 3,7$ . Стаж работы от 10 до 28 лет, средний стаж —  $20,1 \pm 1,2$ . Все обследуемые осмотрены офтальмологом, неврологом, терапевтом, кардиологом. Пациентам проведены: ЭКГ, биохимический анализ крови с определением липидного спектра и индекса атерогенности, холтеровское мониторирование, СМАД, ЭХО-кардиография. Для оценки сердечно-сосудистого риска была использована шкала SCORE.

В возрастной категории 20–29 лет пациенты при осмотре специалистами здоровы. Но имелись повышения уровней общего холестерина до 5,4–5,8 и индекса атерогенности до 3,9–6,3 у 5,9% обследованных. В возрастной категории 30–39 лет у 5,9% обследованных выявлено расстройство вегетативной нервной системы по гипертоническому типу. Уровень общего холестерина был на верхней границе нормы, индекс атерогенности составил 3,2. В возрастной группе 40–49 лет метаболические кардиомиопатии выявлены у 8,8% пациентов, гипертоническая болезнь 1-й стадии — в 20,6% случаев, гипертоническая болезнь 2-й стадии — в 5,9% случаев, метаболический синдром в сочетании с абдоминальным ожирением — в 5,9% случаев. Повышение уровня общего холестерина наблюдалось у 26,5% обследованных; повышенный индекс атерогенности — у 29,4% обследованных с максимальными значениями показателя до 6,2–6,7. В возрастной группе 50–59 лет метаболическая кардиомиопатия на фоне железодефицитной анемии выявлена в 2,9% случаев, гипертоническая болезнь 1-й стадии — в 5,9% случаев, гипертоническая болезнь 2-й стадии — в 11,7%, мультифокальный распространенный атеросклероз — в 2,9%. Гипертоническая болезнь 3-й стадии отмечалась в 8,8% случаев, которые сопровождалась ишемической болезнью сердца в 5,9% и постинфарктным кардиосклерозом в 2,9% случаев. Повышение уровня общего холестерина выявлено в 32,3% случаев, повышенный индекс атерогенности наблюдался у всех обследованных с максимальными значениями показателя 7,3–7,5.

При оценке сердечно-сосудистого риска получены следующие результаты. В группе 20–29 лет риск низкий, в группе 30–39 лет — низкий, в группе 40–49 лет — риск у 63% обследованных умеренный и у 37% — низкий, а в группе 50–59 лет в 75% случаев риск высокий и в 25% случаев — умеренный.

Таким образом, изучено состояние сердечно-сосудистой системы у 34 трактористов агропромышленного комплекса Республики Башкортостан.

Установлено, что с ростом стажа работы увеличивается число лиц, страдающих гипертонической болезнью, повышаются уровни общего холестерина и индекса атерогенности, увеличивается риск кардиоваскулярных катастроф. Необходима разработка системы мер первичной и вторичной профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, направленных на уменьшение действия неблагоприятных условий труда у трактористов агропромышленного комплекса и их оздоровление.

Поступила 13.09.2023

## **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ФОРМИРОВАНИЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ У РАБОТНИКОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

<sup>1</sup>Ваганова Д. М., *kon-pol-otd@mail.ru*,

<sup>1</sup>Гирфанова Л. В., *kon-pol-otd@mail.ru*,

<sup>1</sup>Хафизова А. С., *miss.xafizowa2015@yandex.ru*,

<sup>1</sup>Бояринова Н. В., к. м. н., *boyarinoff@yandex.ru*,

<sup>1</sup>Мадьярова Л. Р., *madyarova.lilya@bk.ru*,

<sup>1,2</sup>Хлопотова А. Р., *alsuiakhina@mail.ru*

<sup>1</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Уфа, Россия

Основное направление АО «Белорецкий металлургический комбинат» — изготовление металлической проволоки и канатов различных марок и размеров из готовых металлических заготовок. Основными профессиями на металлургическом комбинате являются калильщики, волочильщики проволоки, машинисты по навивке канатов.

Консультативно-поликлиническим отделением клиники ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» обследованы работники АО «Белорецкий металлургический комбинат». По профессиональному критерию пациенты были представлены калильщиками, волочильщиками проволоки, машинистами по навивке канатов. Основной контингент работающих составили мужчины в количестве 60 человек, в возрасте от 28 до 55 лет; средний возраст —  $39,7 \pm 6,2$ . Стаж работы от 10 до 29 лет, средний стаж —  $10 \pm 2,3$ . Группу контроля составили работники инженерно-технической службы в количестве 30 человек. Основные и контрольные группы были сопоставимы по полу и возрасту. Проведены общепринятые клинические и лабораторные методы обследования: общий анализ крови, мочи, биохимический анализ крови (холестерин, глюкоза), электрокардиография, по показаниям — эхокардиография, суточное мониторирование АД. Пациенты осмотрены врачами: терапевтом, неврологом, окулистом, оториноларингологом, психиатром-наркологом, хирургом.

Калильщики на термотравильных агрегатах проводят термообработку и травление металлической проволоки. Принцип работы заключается в патентировании проволоки диаметром от 2,2 мм до 5,0 мм, сменная норма зависит от диаметра проволоки и в среднем составляет 12–15 т. В процессе работы калильщики контактируют с парами серной кислоты и свинца. Физические динамические нагрузки: перемещение пустых полет весом до 60 кг до 10 метров в смену накатом по полу. Рабочая поза в течение смены стоя, до 80% рабочего времени.

Неблагоприятными производственными факторами, воздействующими на работающего волочильщика проволоки, являются: шум от работающего оборудования, пыль с примесью диоксида кремния менее 2%, пары соляной кислоты, окислы азота и тяжесть трудового процесса. Основной вредный фактор — повышенная тяжесть труда, вызванная несовершенством технологических процессов. Вредные производственные факторы у машинистов по навивке канатов — шум и тяжесть трудового процесса.

По данным карты специальной оценки труда тяжесть труда обследованных работников соответствовала классу 3.1, шум — 3.2. Общая оценка условий труда, обследованных по степени вредности и опасности, отнесена к классу 3.2. Во вредных условиях трудятся 61,5% работающих.

Обследованные на основании медицинского осмотра распределены по трем группам здоровья. Наиболее многочисленной оказалась III группа, включающая работников, имеющих хронические неинфекционные заболевания, — 45,0%. Во II группу здоровья вошли 38,3% работников, имеющие риск развития заболеваний. Практически здоровые лица, входящие в I группу здоровья, составили всего 16,7%.

По данным периодического медицинского осмотра, в структуре ранее известных хронических заболеваний у работников преобладали болезни системы кровообращения и костно-мышечной системы, составляющие 19,3% и 18,5% соответственно.

Обследованные предъявляли жалобы на периодические головные боли, преимущественно в теменно-затылочной области, ухудшение памяти, снижение качества сна, колющие и ноющие боли в области сердца.

При анализе амбулаторных карт с места жительства и сборе анамнеза выяснилось, что работники страдали заболеваниями сердечно-сосудистой системы в течение нескольких лет, имея ухудшения состояния с частотой 1–2 раза в год.

Отмечалось увеличение частоты выявления болезней системы кровообращения у работников изучаемого производства при проведении периодического медицинского осмотра над показателями группы сравнения. Наиболее частой нозологической формой являлась гипертоническая болезнь. Средний возраст возникновения заболевания составлял 40,5 года при стаже работы 10–15 лет. В связи с этим представляются важными выявление артериальной гипертензии на медицинских осмотрах и назначение соответствующего обследования и лечения у каждого конкретного больного.

Среди обследованных выявлено 18 человек (30%) с артериальной гипертензией I стадии в возрасте 50 лет и старше. 5 человек (8,3%) страдали ишемической болезнью сердца, в том числе у 3 человек (5%) в анамнезе был инфаркт миокарда. У каждого третьего пациента, страдающего сердечно-сосудистой патологией, диагностированы проявления хронической ишемии мозга I–II стадии.

У 6 обследованных (10%) на основании общепризнанных критериев диагностирована гипертоническая болезнь II стадии. Следует отметить, что у половины рабочих (50%) повышение артериального давления в сочетании с инструментальными признаками поражения органов-мишеней не сопровождалось субъективными ощущениями, и, как правило, назначенная базисная гипотензивная терапия пациентами самостоятельно отменена. У всех работников с сердечно-сосудистой патологией выявлены изменения на глазном дне в виде гипертонической ангиопатии, признаки гипертрофии левого желудочка по данным электрокардиографии, повышение артериального давления при суточном мониторировании АД. У трети пациентов по эхокардиографии установлена тенденция

к увеличению размеров полости левого желудочка и увеличение индекса массы миокарда левого желудочка. У ряда пациентов повышение АД проявилось в виде расстройства вегетативной нервной системы по гипертоническому типу.

Таким образом, условия труда у работников АО «Белорецкий металлургический комбинат» не являются безопасными для здоровья работников, что обусловлено наличием комплекса вредных производственных факторов рабочей среды и трудового процесса. Общая оценка условия труда согласно гигиеническим критериям (Р.2.2.2006–05) соответствует вредному классу — 3.2. Совместное воздействие шумового фактора и тяжести трудового процесса является высоким стрессогенным фактором и повышает риск развития болезней сердечно-сосудистой системы.

С целью охраны здоровья необходим комплекс мер по первичной профилактике, включающий оптимизацию трудового процесса, тщательный профессиональный отбор, квалифицированный медицинский контроль и внедрение оздоровительных мероприятий. Ранняя диагностика профессиональных, производственно обусловленных и общесоматических заболеваний у работников АО «Белорецкий металлургический комбинат» зависит и от качества периодических медицинских осмотров. Проведение своевременных лечебно-профилактических, санитарно-технических и организационных мероприятий способствует сохранению здоровья работающего контингента и профессиональной пригодности.

Поступила 20.09.2023

## **ДИНАМИКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ТРУДОСПОСОБНОГО НАСЕЛЕНИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 5 ЛЕТ ПО ДАННЫМ ДИСПАНСЕРИЗАЦИИ**

*Григорьева Т. В., к. м. н., доцент, 6329845@mail.ru,  
Хабибулина О. В., akamisorano13888@gmail.com*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Россия

Одной из важнейших задач медицины труда и здравоохранения является охрана и укрепление здоровья работающего населения. Медицинский фактор наряду с другими факторами (социальным, экономическим, правовым, экологическим) лежит в основе обеспечения достойного «качества жизни». По данным ФГБНУ «НИИ медицины труда им. академика Н. Ф. Измерова», до 70 % трудового населения Российской Федерации (далее — РФ) за 10 лет до пенсионного возраста имеют серьезную патологию, не доживают до пенсионного возраста 42 % мужчин и 15 % женщин. Социально-экономические последствия хронических неинфекционных заболеваний выражаются в сокращении производительности труда и годового объема ВВП до 5 %, в росте затрат на лечение и выплаты в связи с временной и стойкой утратой трудоспособности, в снижении качества жизни работающих.

В Российской Федерации на протяжении последних 10 лет заболеваемость по всем болезням в среднем составляет 1600 на 1000 человек и постепенно растет с каждым годом. При этом структура заболеваемости год от года остается стабильной: болезни органов дыхания занимают первое место (25 %), затем идут болезни системы кровообращения (15 %); заболевания нервной системы, включая органы зрения и слуха, занимают 13 %, костно-мышечной системы — 8 %; 7 % приходится на заболевания органов пищеварения, 6 % — на последствия травм и внешних причин, и оставшиеся 26 % занимают прочие заболевания.

По совокупности санитарно-гигиенических и социально-экономических показателей регионы РФ объединены в четыре кластера, имеющих схожий «фон» формирования здоровья работающего населения. Первый, «неблагополучный», включает 19 субъектов РФ; характеризуется высокими значениями по исследованным пробам атмосферного воздуха с превышением ПДК и почв в селитебной зоне, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, высоким удельным весом ветхого и аварийного жилья и средней продолжительностью одного случая заболевания. Второй, «умеренно неблагоприятный», включает 21 субъект РФ; характеризуется высокими значениями по исследованным пробам воды в водопроводах, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, наибольшим среди всех классов территорий числом дней и случаев временной нетрудоспособности. Третий — «умеренно благополучный» — 29 субъектов РФ; самое низкое значение показателя по удельному весу ветхого

и аварийного жилья, санитарно-гигиенические показатели, не соответствующие нормативам, имеют значения ниже среднероссийских. Четвертый, «благополучный», объединил 13 субъектов РФ: в их числе города и регионы федерального значения, в частности, Санкт-Петербург. Для регионов этого кластера характерен самый высокий уровень валового регионального продукта и покупательской способности населения, относительно низкая доля ветхого и аварийного жилья в общей площади жилищного фонда (но выше, чем в третьем кластере). Уровень санитарно-гигиенического благополучия несколько ниже, чем социально-экономического, — по показателям доли ненормативных проб воздуха и почв данная группа регионов находится на втором месте после самого неблагополучного первого кластера, но по качеству водопроводной воды уступает лишь третьему классу. Эти данные коррелируют с самыми низкими показателями заболеваемости в данной группе регионов — это касается и числа случаев заболеваемости с временной утратой трудоспособности, средней продолжительности одного случая нетрудоспособности и числа дней временной нетрудоспособности.

Особый интерес для анализа представляют данные о заболеваемости лиц трудоспособного возраста, так как здоровье работающих — это не только «личное дело каждого», в нем экономически заинтересованы как работодатели, так и государство в целом. Свыше 30% ежегодно умирающих россиян — это граждане в трудоспособном возрасте, что на фоне сложившейся демографической ситуации в достаточно короткий срок может привести к реальному дефициту трудовых ресурсов.

В связи с этим проанализирована заболеваемость трудоспособного населения Санкт-Петербурга в разрезе основных групп хронических неинфекционных заболеваний в динамике за пять лет с 2018 по 2022 г. по данным профосмотров и диспансеризации.

При сопоставлении факторов риска первые три позиции по частоте выявления на протяжении 5 лет занимают «нерациональное питание», «низкая физическая активность» и «избыточная масса тела». При этом, несмотря на снижение уровней по каждому из факторов к 2019 г., с 2020 г. начался рост:

- для нерационального питания — 20% в 2018 г., рост с 18% в 2019 г. до 38% в 2022 г.;
- для низкой физической активности — 14% в 2018 г., рост с 14% в 2019 г. до 32% в 2022 г.;
- для избыточной массы тела — 11% в 2018 г., рост с 10% в 2019 г. до 21% в 2022 г.

Рост этих показателей вероятнее всего связан с режимом самоизоляции на фоне распространения новой коронавирусной инфекции.

Остальные показатели рисков («гипергликемия», «курение табака», «риск пагубного потребления алкоголя», «отягощенная наследственность», «высокий или очень высокий абсолютный ССР») остаются без существенных изменений, а «риск потребления наркотических средств без назначения врача» по-прежнему не выявляется.

При анализе заболеваемости лиц трудоспособного возраста выявлено следующее распределение по частоте выявления заболеваний:

- болезни системы кровообращения — увеличение (с 24% в 2018 г. до 35% в 2022 г.);
- болезни органов пищеварения — без существенной динамики (6% в 2018 г. и 8% в 2022 г.);
- болезни органов дыхания — без существенной динамики (3% в 2018 г. и 4% в 2022 г.);
- сахарный диабет — без существенной динамики (1% в 2018 г. и 3% в 2022 г.);
- заболевания органа зрения (катаракта, глаукома и слепота) также выявляются с неизменной частотой менее 1%.

Таким образом, лидирующие позиции в 2022 г. продолжают занимать болезни системы кровообращения, и их доля в структуре заболеваемости продолжает расти.

При этом в структуре заболеваемости органов кровообращения первое место по частоте выявления продолжают лидировать болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением. По всей вероятности, это напрямую связано с продолжающимся ростом факторов риска развития данной группы заболеваний: «гиперхолестеринемия», «курение табака», «нерациональное питание», «избыточная масса тела» и «низкая физическая активность».

Согласно статистическим данным о структуре общей заболеваемости населения в Российской Федерации, первые три места по уровню занимают «Болезни органов дыхания», «Болезни системы кровообращения», «Болезни нервной системы и органов чувств», и лишь на пятом месте находятся «Болезни органов пищеварения». Такое отличие общероссийских сведений от полученных нами цифр связано с тем, что мы анализировали состояние здоровья лиц трудоспособного возраста и не изучали общую статистику, а опирались лишь на сведения по диспансеризации. Эти сведения в дальнейшем пройдут сравнение с информацией, полученной в ходе обязательных медицинских осмотров работников отдельных отраслей, с целью изучения различий по выявлению патологии в ходе разных видов медицинских осмотров.

Учитывая сведения текущего исследования, представляется необходимым продолжить популяризацию модификации образа жизни среди работоспособного населения, а также внедрение корпоративных программ укрепления здоровья работников, направленных на изменение пищевого поведения и раннюю профилактику гиподинамии, а также состояний, связанных с повышением артериального давления.

Поступила 01.09.2023

## ПРОФИЛАКТИКА СИНДРОМА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ У ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ

*Жезлова А. В., д. м. н., профессор, drzhl@yandex.ru,  
Ланко И. В., д. м. н., innakryl78@rambler.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

В последние годы проблема сохранения ментального здоровья педагогов стала особенно актуальной. Это обусловлено высоким ростом требований к личности педагога, его профессиональным обязанностям, роли и месту в образовательном процессе.

Цель работы состояла в создании модульной программы сохранения здоровья педагогов общеобразовательных школ, направленной на снижение риска формирования синдрома профессионального выгорания (далее — ПВ), с учетом комплексной социально-гигиенической оценки условий труда и психологического здоровья.

Для достижения поставленной цели была проведена оценка условий производственной среды и факторов трудового процесса учителей общеобразовательных школ с определением ведущих факторов, оказывающих неблагоприятное воздействие на организм работающих; изучены социально-демографический статус и образ жизни учителей общеобразовательных школ; проведена психологическая диагностика 163 педагогов общеобразовательных школ Московской области: 44 педагога начальных классов, 62 учителя, преподающих различные предметы («предметники»), 57 социальных педагогов. Все обследуемые — женщины (100%), средний возраст составлял  $46,8 \pm 2,1$  года, средний стаж работы педагогом —  $21,6 \pm 1,9$  года.

Изучение различных факторов образа жизни, социально-демографических особенностей педагогов проводилось с помощью индивидуального анкетирования. Комплексная оценка психологического состояния педагогов включала оперативную дифференцированную самооценку динамики функционального состояния по методике САН (самочувствие, активность, настроение), оценку степени выраженности с использованием теста «Профессиональное выгорание» (адаптивный вариант теста МВІ С. Maslach), оценку нервно-психической устойчивости (далее — НПУ), проводившуюся по методике «Прогноз» (в редакции Е. И. Рогова).

Проведенная аттестация рабочих мест педагогов показала, что труд учителя по показателям тяжести трудового процесса (рабочая поза «стоя») определяется как 3-й класс вредный (тяжелый труд) 1-й степени (3.1), по показателям напряженности — 3-й класс вредный (напряженный труд) 1-й степени (3.1). Интегральный показатель напряженности труда педагогов общеобразовательных школ находится в пределах от  $L_{нт} = 1,283$  балла (высокая степень напряженности труда) до  $L_{нт} = 1,525$  балла (очень высокая степень напряженности труда).

Лица с высшим образованием среди исследуемой группы педагогов составляют 83,5%, с незаконченным высшим — 1,9%, со средним специальным — 14,6%. Удовлетворены своей профессией только 70,9% респондентов. Главной причиной неудовлетворенности (98,2%) является низкий уровень заработной платы. Большинство (95,0%) учителей указали на необходимость организации кабинетов психологической разгрузки с должностью психолога для учителей. Изучение результатов анкетирования показало, что в исследуемой группе 69,0% педагогов состоят в браке, 12,0% — разведены, 1,3% — вдовы, т. е. треть опрошенных не имеют полноценной семьи, что, безусловно, сказывается на психологическом и соматическом здоровье. По полученным данным, в отдельной квартире проживает только 56,3% учителей; удовлетворены своими жилищными условиями 44,9% учителей. Согласно результатам опроса, основная часть педагогов питалась три раза в день, что соответствует гигиеническим нормативам по режиму питания, однако почти 26% респондентов

питались менее 3 раз в день. Оценка распределения калорийности пищи по ее приемам в течение дня показала, что 57,7 % опрошенных потребляли наибольшее количество пищи за вечерний прием. При этом отмечено избыточное поступление с пищей энергии за счет повышенного потребления жиров и углеводов.

Результаты проведенного психологического тестирования педагогов (по данным теста МВІ) показали, что выраженность эмоционального истощения у педагогов соответствует низкому уровню выраженности ПВ, деперсонализации и редукции личных достижений — среднему уровню выраженности. Качественный анализ установил, что почти у половины обследованных (48,8 %) имеются проявления деперсонализации высокого уровня выраженности и у 31,6 % — редукции личных достижений среднего уровня выраженности. Следует также отметить, что сочетания высоких трех шкал теста МВІ не было, двух шкал (деперсонализации + редукции личных достижений) — у 22,8 % обследованных. Анализ данных показал, что по шкале «Эмоциональное истощение» высокий уровень выявлен у 46,8 %, это свидетельствует о том, что у половины испытуемых снижен эмоциональный тонус, повышена психическая истощаемость. 27,9 % педагогов имеют средний уровень эмоционального истощения, у них также понижен эмоциональный тонус и работоспособность. Низкий уровень эмоционального истощения отмечался у 25,3 % исследуемых. По шкале «Деперсонализация» 48,8 % имеют высокий уровень, это проявляется в деформации отношений с окружающими, а 31,6 % исследуемых имеют средний уровень деперсонализации, при котором усложняется установление контакта с учениками, отношение к профессиональным обязанностям становится формальным. У 19,6 % выявлен низкий уровень деперсонализации, педагоги хорошо устанавливают эмоциональные контакты с окружающими, активно включаются в работу и инновационную деятельность. По шкале «Редукция личных достижений» высокий уровень зафиксирован у 21,5 % испытуемых, что проявляется в тенденции к негативному оцениванию своих профессиональных достижений и успехов; средний уровень редукции отмечен у 41,8 % опрошенных, характеризуется заниженной самооценкой значимости реально достигнутых результатов и снижением продуктивности.

Была проведена субъективная оценка самочувствия, активности, настроения у педагогов группы риска и группы сравнения в течение рабочего дня: установлено, что для педагогов группы риска ПВ средние значения показателя САН в динамике рабочего дня составляли от  $2,68 \pm 0,16$  (конец рабочего дня, 16:00) до  $4,26 \pm 0,17$  балла (первая половина рабочего дня, 12:00), что в большей степени говорит о неблагоприятном состоянии испытуемых. В группе сравнения средние значения данного показателя в динамике рабочего дня варьировались от  $4,38 \pm 0,15$  (конец рабочего дня, 16:00) до  $5,51 \pm 0,19$  (первая половина рабочего дня, 12:00) баллов, что говорит о благоприятном состоянии испытуемых. Среднегрупповой уровень НПУ педагогов составил 25,6 балла, что соответствует удовлетворительному уровню НПУ: 74,7 % испытуемых характеризуются высоким, хорошим или удовлетворительным уровнем НПУ и имеют благоприятный прогноз в плане развития эмоционального выгорания; 25,3 % — имеют достаточно высокий риск дезадаптации в стрессе и неблагоприятный прогноз развития ПВ.

Полученные в нашем исследовании результаты явились основанием для разработки модульной программы профилактики, способствующей предотвращению синдрома профессионального выгорания, включающей три основных направления: 1) оценка факторов трудового процесса, изучение демографической структуры, социально-экономического статуса и образа жизни учителей общеобразовательных школ с определением приоритетных факторов, оказывающих неблагоприятное воздействие на их организм; 2) проведение углубленного психологического обследования с целью формирования групп для проведения профилактических программ, направленных на повышение индивидуальной и групповой стрессоустойчивости; 3) проведение мероприятий, направленных на профилактику синдрома профессионального выгорания: обеспечение безопасности и благополучия производственной и психосоциальной среды, формирование мотивации педагогов к соблюдению принципов здорового образа жизни, профотбор посредством проведения анкетирования и тестирования с целью выявления предрасположенности к ПВ; индивидуальное психологическое консультирование с целью коррекции межличностных взаимоотношений и особенностей личности, психологическое развитие с проведением тренингов, семинаров, коуч-программ, психологическое просвещение с целью информирования работников о причинах, признаках синдрома ПВ и способах его профилактики и коррекции; применение комплекса физиологических, физиотерапевтических и психологических методов воздействия на организм.

Поступила 15.09.2023



## РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ У РАБОЧИХ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ

*Красавина Е. К., к. м. н., krasavinaek@fncg.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Здоровьесберегающие технологии и методы являются приоритетными задачами профилактической медицины. Несмотря на выявляемое снижение уровня профессиональной заболеваемости в Российской Федерации (далее — РФ) за последние годы (на 56,9% с 2012 по 2021 г.) распространенность данной патологии не только в РФ, но и в других странах связана с наличием трудовых процессов, где работающие имеют контакт с веществами аллергизирующего и раздражающего характера. Сохраняются производства со значительным вкладом ручного труда, и имеется ряд профессий, где нельзя избежать ручного труда человека (медицинские сестры, хирурги, ветеринары, зоотехники, гальваники, слесари, маляры, парикмахеры и др.). Необходимо отметить, что профессиональные кожные заболевания входят в пятерку наиболее часто регистрируемых профессиональных заболеваний в Европе (Малер В., Аалто-Корте К., Альфонсо Дж. Х., Баккер Дж. Г. и др., 2017; Херлох В., Эльснер П., 2021).

Кожа обеспечивает защиту первой линии от воздействий окружающей среды, создает физическую, химическую и биологическую защиту. Одним из важных аспектов, способствующих развитию профессиональной патологии кожи, является нарушение нормального функционирования кожного барьера. К факторам, способствующим этому, относятся: генетические факторы (мутации гена филлагрина), воздействие раздражающих кожу веществ в процессе трудовой деятельности, а также влияющих на структуру и состав рогового слоя (Касемсарн П., Боско Дж., Никсон Р. Л., 2017).

Помимо профессиональной патологии кожи общие заболевания кожи носят социально значимый характер, так при локализации кожного процесса в области открытых частей тела, на руках могут нарушать коммуникативные возможности людей, при активном воспалительном характере высыпаний могут влиять на выполнение трудовых обязанностей и нарушать трудоспособность.

В связи с этим профилактика и активное выявление патологии кожи на предприятиях, где на рабочих воздействует комплекс производственных факторов, являются актуальной задачей профилактической медицины. Значимую роль в этом играют регулярно проводимые профилактические осмотры (предварительные, периодические), позволяющие выявить патологию на раннем этапе, предотвратить прогрессирование уже имеющегося хронического заболевания кожи, не допускать на рабочее место работника, имеющего обострение заболевания кожи или противопоказания к работе на данном конкретном производстве. Однако, анализируя выявление профессиональных аллергодерматозов при проведении периодических медицинских осмотров, необходимо отметить достаточно низкий уровень их выявления (до 34%), что требует совершенствования самой системы профилактических осмотров с учетом общих заболеваний кожи, которые могут быть предикторами появления профессиональной патологии кожи (Масягутова Л. М., Абдрахманова Е. Р., Ахметшина В. Т., Хафизова А. С., Хайруллин Р. У., 2020).

Цель исследования — изучить дерматологическую заболеваемость у стажированных рабочих на крупном машиностроительном предприятии, выявить начальные проявления профессиональной патологии кожи и профессиональные стигмы.

Нами было обследовано 660 рабочих, из них 201 женщина, со стажем работы от 5 до 25 лет во вредных условиях труда, в возрасте от 24 до 69 лет, профессиональные группы были представлены полировщиками, плавильщиками металлов и сплавов, электросварщиками, шлифовщиками, электроэрозионистами, пирометристами, машинистами насосной станции, слесарями-сборщиками, термистами, гальваниками и др.

Основные неблагоприятные факторы производственной среды (по данным специальной оценки условий труда) были представлены химическим, физическим, а также неблагоприятными условиями микроклимата (нагревающий, охлаждающий).

Нами выявлено, что общая дерматологическая заболеваемость отмечена у 210 человек (31,8% от общего числа осмотренного контингента).

Патология кожи была представлена следующими нозологиями: эпидермоз (сухость кожных покровов, шелушение открытых участков кожи, трещины на кистях), выявленный у 46 человек

(21,9% от всей выявленной патологии кожи), аллергодерматозы (экзема, аллергический дерматит) — у 34 рабочих (16,2%), микозы (онихомикозы, креатомикозы) — у 21 человека (10%), псориаз — у 15 рабочих (7,1%), себорейный дерматит — у 16 (7,6%), угревая болезнь — у 12 человек (5,7%), атопический дерматит — у 11 (5,2%), доброкачественные новообразования (ангиомы, кератомы, меланоцитарные невусы) — у 41 (19,5%), другие заболевания кожи (витилиго, ихтиоз и др.) — у 14 (6,8%).

Аллергические заболевания профессиональной этиологии выявлены не были, однако отмечался значительный процент рабочих с явлениями эпидермоза. Эта патология встречалась у шлифовщиков (в сочетании с онихомикозами), полировщиков, модельщиков выплавляемых моделей, электроэрозионистов, подвергающихся воздействию как химических, так и физических факторов. Наиболее часто встречаемые профессиональные стигмы — оmozолелости, гиперкератоз пальцев и ладонной поверхности ладоней — отмечались у 35% (231 человек), в основном у шлифовщиков, полировщиков, контактирующих с абразивными материалами, а также у электроэрозионистов и электрогазосварщиков.

Таким образом, у работников машиностроительного предприятия, подвергающихся воздействию комплекса вредных производственных факторов (химический, физический, термический), выявлены специфические изменения кожи в виде эпидермоза и профессиональных стигм (35%), структура дерматологической заболеваемости значительно не отличается от общепопуляционной по аллергодерматозам (20–25% населения), в отношении поражения ногтевых пластин грибковой инфекцией (в популяции до 10%) несколько выше популяционных: себорейный дерматит (в популяции у взрослого населения 1–2%).

Обнаружение проявлений эпидермоза у рабочих является важным аспектом профилактики профессиональной патологии кожи: из группы рабочих с данными явлениями формируется группа риска по развитию профессиональных дерматозов.

Заслуживают внимания общие заболевания кожи аллергической природы (атопический дерматит, экзема, крапивница). Так, рабочие, имеющие в своем анамнезе данную патологию, требуют своевременного лечения при обострении и входят в группу риска по формированию профессиональной патологии кожи.

Таким образом, проведенные нами исследования позволили определить основные общие заболевания кожи и состояния кожи, предшествующие развитию профессиональной патологии, а также профессиональные стигмы, появившиеся у рабочих в процессе трудовой деятельности. На основании полученных данных выделяются группы потенциального риска по формированию профессиональной патологии кожи и требующие более пристального внимания со стороны дерматовенерологов. Полученные результаты являются основой для разработки и внедрения современных методов профилактики заболеваний кожи на данном предприятии с учетом производственных вредностей.

Поступила 22.09.2023

## **ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ АЛЛЕРГИЧЕСКИХ ДЕРМАТОЗОВ У РАБОЧИХ-ГАЛЬВАНИКОВ**

*Крючкова Е. Н., д. б. н., kdlfncg@yandex.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Профессиональная патология кожи на современном этапе остается одной из существенных медицинских и социальных проблем. Быстрое развитие химической промышленности, внедрение новых сложных химических соединений влекут за собой увеличение контингентов рабочих, имеющих производственный контакт с многообразными раздражителями и аллергенами.

В цехах гальванических производств рабочие подвергаются воздействию высокотоксичных соединений, в состав которых входят неорганические кислоты (соляная, серная, фосфорная, азотная и др.), едкие щелочи, соединения хрома, никеля, кадмия, кобальта. Развитию профессиональных аллергических дерматозов способствуют неблагоприятные условия микроклимата (повышенная

влажность и температура в цехах), повышенное потоотделение при физической нагрузке работающих, которые увеличивают проницаемость кожных покровов для химических веществ. Анализ причин возникновения аллергических заболеваний кожи у гальваников-никелировщиков показал, что в 52 % случаев они вызваны воздействием металлов-сенсibilизаторов (никеля, хрома, кобальта).

В настоящее время особое внимание уделяется ранней диагностике сенсibilизации к промышленным химическим аллергенам для целенаправленной профилактики профессиональных аллергических заболеваний.

В связи с вышесказанным цель настоящего исследования заключалась в изучении изменений клинко-лабораторных показателей при формировании аллергических заболеваний кожи у рабочих при никелировании.

Обследовано 214 работников машиностроительного предприятия, подвергающихся воздействию вредных химических факторов производства. Проанализировано состояние кожных покровов у работающих. Для углубленных клинко-лабораторных исследований отобраны 82 рабочих основной группы с дерматологической заболеваемостью, которые были разделены на три группы соответственно нозологической характеристике, и 35 практически здоровых рабочих, имевших длительный контакт с неблагоприятными факторами рабочей среды гальванического цеха (группа сравнения). Контрольная группа в количестве 33 человек представлена работниками, не контактирующими с вредными факторами производства. Группы сопоставимы по полу, возрасту и стажу. Лабораторные исследования окислительного метаболизма и иммунного статуса выполнены по стандартным методикам. Содержание никеля в моче определяли методом вольтамперометрии.

Полученные в ходе исследования результаты статистически обработаны с помощью пакета прикладных программ Statistica 8.0. Достоверность различий средних величин оценивалась с помощью параметрических и непараметрических критериев Стьюдента и Манна — Уитни, применены методы корреляционного анализа.

В воздухе рабочей зоны гальванических цехов содержатся аэрозоли никеля, хрома, пары различных кислот, едких щелочей. Однако к основным загрязнителям производственной среды следует отнести соединения никеля, содержание которого превышало ПДК в 3–4 раза.

На изучаемом предприятии у 38,3 % рабочих выявлены профессиональные заболевания кожи (эпидермоз — 15,9 %, аллергический дерматит — 12,5 %, экзема — 9,9 %).

При формировании дерматологической заболеваемости установлено увеличение активности щелочной (далее — ЩФн) и кислой (далее — КФн) фосфатазы нейтрофилов в 1,7–2,2 раза и угнетение сукцинатдегидрогеназы (далее — СДГ) и миелопероксидазы нейтрофилов (далее — МПн) в 1,2–1,5 раза по сравнению с контрольной группой. Уровень продуктов перекисного окисления липидов в крови рабочих с алергодерматозами был выше в 1,4–2,0 раза относительно контроля.

Со стороны иммунной системы отмечены: активация супрессорной функции Т-лимфоцитов (СД8+), В-лимфоцитов (СД20+); увеличение содержания иммуноглобулинов IgG, общего IgE, циркулирующих иммунных комплексов в 1,5–2,0 раза и снижение уровней иммуноглобулинов IgA, IgM в 3,0–5,0 раза по сравнению с контрольной группой. Установлена тесная взаимосвязь между содержанием никеля в моче рабочих и изменением показателей КФн ( $r = 0,76$ ), МПн ( $r = -0,87$ ), СД4+ ( $r = -0,91$ ), СД8+ ( $r = 0,86$ ), общего IgE ( $r = 0,92$ ), свидетельствующая о приоритетной роли соединений никеля в формировании алергодерматозов у работающих.

Для раннего выявления негативного действия факторов рабочей среды на организм работников гальванических цехов целесообразно использовать лабораторную диагностику, так как значения ряда показателей изменяются в организме человека до развития клинических признаков патологических состояний.

Результаты проведенных клинко-лабораторных исследований показали, что при низких концентрациях никеля в моче обследованных работников (группа сравнения) изменения уровней иммунологических, аллергических маркеров, показателей оксидативного стресса, ферментов в нейтрофилах и лимфоцитах, а также аллергических заболеваний кожи не наблюдается. При развитии алергодерматозов у рабочих отмечаются повышение концентрации никеля в моче в 4 и более раз (по сравнению с контролем), нарушение окислительного метаболизма, дисбаланс иммунологических показателей и формирование вторичного иммунодефицита.

Анализируя результаты наших исследований, можно сделать вывод, что для раннего выявления развития заболеваний кожи в комплекс обследования рабочих-гальваников целесообразно включать следующие биомаркеры, характеризующиеся высокой диагностической чувствительностью и прогностической значимостью: МПн, КФн, СДГ, ЩФн, МДА, каталазу, СД4+, СД8+, СД19+, содержание никеля в моче работающих.

Предложенные информативно-диагностические показатели целесообразно включать в программу предварительных и периодических медицинских осмотров для определения индивидуального риска развития патологии, выявления ранних и особенно доклинических изменений состояния здоровья рабочих, контактирующих с соединениями никеля, что позволит выбрать наиболее целесообразное направление в проведении профилактических и оздоровительных мероприятий.

Выявляемость профессиональной патологии кожи происходит преимущественно на поздних стадиях, что обусловлено, кроме всего прочего, отсутствием информативных лабораторных критериев, которые должны способствовать ранней диагностике заболеваний работников, контактирующих с вредными факторами гальванического производства, в том числе аэрозолями никеля.

Результатами проведенного клинического исследования доказана эффективность предлагаемых диагностических методов как дополнительного скрининга к уже существующим стандартам диагностики, профилактики и лечения аллергодерматозов у рабочих гальванических предприятий.

Поступила 04.09.2023

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЦИТОКИНОВОГО ПРОФИЛЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ**

*Крючкова Е. Н., д. б. н., kdlfneg@yandex.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Одним из приоритетных направлений профилактической медицины в рамках общероссийской программы «Здоровье на производстве» является изучение общих закономерностей и механизмов влияния факторов производственной среды на человека с целью снижения риска для здоровья работающего населения, своевременного выявления и профилактики производственно обусловленных и профессиональных заболеваний.

Применение иммунологических методов, выявляющих дисбаланс иммунной регуляции, которая нередко предшествует развитию многих общесоматических и профессиональных заболеваний, обосновано уже на доклиническом этапе. Немаловажное значение имеет оценка активности и соотношения про- и противовоспалительных цитокинов для определения нарушений равновесия данной системы. В связи с этим был разработан авторский метод оценки цитокинового баланса (патент RU 2463609).

Цель исследования — изучить особенности цитокинового статуса работающих при воздействии различных производственных факторов.

Исследования проведены в группах рабочих горнодобывающего предприятия АО «Комбинат КМАруда» и цементного производства ОАО «Лафарж-цемент», сопоставимых по полу, возрасту, стажу. Сформированы 3 стажевых группы: до 5 лет, до 10 лет и более 15 лет. Контрольную группу составили работники, чья деятельность не связана с профессиональными вредностями.

Содержание цитокинов ИЛ-1 $\beta$ , ФНО- $\alpha$ , ИЛ-4, ИФН $\gamma$ , ИЛ-8 определяли ИФА методом в сыворотке крови.

Статистический анализ выполнен с использованием пакета прикладных программ Statistica 8. Достоверность различий средних величин оценивалась с помощью параметрических и непараметрических критериев Стьюдента и Манна — Уитни, применены методы корреляционного анализа.

Приоритетными факторами рабочей среды у горнорабочих являются шум и вибрация (класс 3.2–3.4), у рабочих цементного производства — воздействие промышленного аэрозоля (класс 3.1–3.3).

В результате проведенных исследований установлено, что с увеличением стажа работы в условиях запыленности у рабочих отмечается повышение концентрации ИЛ-1 $\beta$  и ФНО- $\alpha$  в 1,8–3,0 раза относительно группы контроля. У горнорабочих значительные отклонения данных показателей отмечались у 34–49,6% лиц при стаже свыше 10 лет.

Отмечено снижение уровня ИФН $\gamma$  в 2,5 раза в группе высокостажированных рабочих цементного производства относительно групп горнорабочих и контроля.

Уровень ИЛ-8 у всех рабочих достоверно повышался с увеличением стажа работы ( $p < 0,05$ – $0,01$ ;  $r = 0,88$ ). Повышенные значения данного показателя выявлены у 22–33% высокостажированных горнорабочих и 50,6% рабочих цементного производства.

В группах горнорабочих с увеличением стажа работы отмечено достоверное снижение ИЛ-4 ( $r = -0,81$ ,  $p < 0,05$ ), а у рабочих цементного производства — его повышение ( $r = 0,89$ ,  $p < 0,05$ ) во всех стажевых группах в 36–53% случаев.

Полученные данные не позволяют провести интегральную оценку взаимного влияния воспалительных и противовоспалительных реакций в сети цитокинового каскада. Поэтому нами был применен расчет интегрального цитокинового индекса (далее —  $I_{ц}$ ) — количественно отражающий активность цитокинового звена воспаления с учетом направленности действия его фракций.

По значению  $I_{ц}$  устанавливают цитокиновый баланс и при значениях  $I_{ц} \leq 1$  констатируют оптимальный баланс цитокинов (отсутствие воспалительного процесса), при  $I_{ц} > 1$  — его нарушение (усиление воспалительных процессов), включая ранние изменения. Предложенный способ наиболее полно отражает состояние цитокинового звена в организме. Это позволяет объективно оценить изменения в системе иммунитета у работников, подвергающихся воздействию комплекса неблагоприятных производственных факторов, что существенно при установлении степени риска для здоровья.

В группах горнорабочих  $I_{ц}$  колебался в пределах 0,2–0,55 у. е., характеризующих оптимальный цитокиновый баланс. Однако в стажевых группах до 10 лет и более 15 лет у 15–27% рабочих были отмечены повышенные значения данного коэффициента, свидетельствующие об активности воспалительных процессов в организме.

У рабочих цементного производства установлено увеличение  $I_{ц}$  от 0,5 до 0,97 у. е. При стаже до 5 лет повышенные значения  $I_{ц}$  регистрировались у 19,4% рабочих, а у высокостажированных рабочих — у 77,4%.

Выявленные изменения цитокинового баланса, более существенные у рабочих цементного производства, свидетельствуют об изменениях иммунореактивности организма, характеризующихся нарастанием выраженности и частоты воспалительных реакций по мере увеличения экспозиции неблагоприятных производственных факторов.

Полученные данные послужили обоснованием для дальнейшего углубленного обследования и проведения лечебно-профилактических мероприятий по показаниям.

Таким образом, групповое обследование, выполненное предлагаемым методом, позволило верифицировать наличие воспалительных изменений, сформировать «группу риска» для углубленного обследования, адекватных лечебно-профилактических мероприятий.

Поступила 04.09.2023

## **УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ДУПЛЕКСНОЕ СКАНИРОВАНИЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ ГОЛОВЫ В ДИАГНОСТИКЕ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ У РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

*Курбангалеева Р. Ш., rasima2241@mail.ru,*

*Ваганова Д. М., kon-pol-otd@mail.ru,*

*Рафикова Л. А., linara.s@mail.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия

Атеросклероз — это основная причина большинства сердечно-сосудистых заболеваний. Определить точную распространенность церебрального атеросклероза сложно, потому что долгие годы болезнь протекает без симптомов, и пациент не обращается к врачу. Атеросклеротические бляшки начинают формироваться уже в 20–30 лет, но проявляется болезнь, как правило, только после 40–50 лет, когда бляшки в сосудах уже значительно ухудшают кровоток. Сначала возникают начальные проявления ишемии головного мозга, при которой в мозг поступает недостаточное количество кислорода с кровью. Для данной стадии характерны изолированные жалобы на головные боли, головокружение, шум в голове, снижение памяти, ухудшение сна. В объективном статусе присутствует неврологическая очаговая микросимптоматика. Затем, чаще после 40–50 лет, развивается хроническая ишемия головного мозга. Для данной стадии характерно присутствие уже нескольких жалоб из перечисленных. В неврологическом статусе формируются симптомы и синдромы заболевания.

В работе проведен анализ медицинских ультразвуковых обследований у трактористов агропромышленного комплекса Республики Башкортостан. Возрастной состав работников составил: до

40 лет — 26%, 40–45 лет — 15%, 46–50–37% и старше 54 лет — 22%. Проведено ультразвуковое дуплексное сканирование магистральных артерий головы (далее — УЗДС МАГ), биохимический анализ крови на липидный спектр. УЗДС МАГ проводили на аппарате SIEMENS ACUSUN Aspen. Для сканирования экстракраниальных отделов брахиоцефальных артерий использовали ультразвуковой датчик линейного формата с частотой 7,5 МГц. У обследуемых в сыворотке крови определяли общий холестерин, холестерин липопротеидов высокой плотности (далее — ХС ЛПВП), холестерин липопротеидов низкой плотности (далее — ХС ЛПНП) и триглицериды (далее — ТГ). Исходя из содержания ТГ и ХС ЛПВП в крови рассчитывали концентрации холестерина липопротеидов низкой плотности. По этим показателям вычислены индексы атерогенности по возрастным категориям.

При проведении УЗДС МАГ у трактористов агропромышленного комплекса Республики Башкортостан обнаружены утолщения стенок сосудов магистральных артерий головы. Так, в возрасте 41–45 лет — 1,275 мм, 46–50 лет — 1,2917 мм, старше 50 лет — 1,365 мм. Выявлена прямая зависимость между атеросклеротическими изменениями в виде утолщения стенок сосудов и возрастом пациентов. С увеличением возраста более выражены изменения стенок сосудов и возникновение атеросклеротических бляшек.

При анализе биохимических показателей уровень триглицеридов у обследованных в возрасте до 40 лет составил 1,978 ммоль/л, 41–45 лет — 2,325 ммоль/л, 46–50 лет — 2,14 ммоль/л, старше 50 лет — 1,9 ммоль/л. Максимальный уровень ТГ составил 2,325 ммоль/л в возрастной группе 41–45 лет. При этом значении уровень холестерина — 0,562 ммоль/л. Максимальный уровень ХС ЛПНП составил 4,04 ммоль/л в возрастной группе от 46 до 50 лет. У обследованных во всех возрастных категориях индекс атерогенности превышал нормальные величины. Максимальные значения — 9,375 — получены у лиц в возрасте 41–45 лет. Установлено, что чем выше уровень липопротеидов низкой плотности у обследованных, тем больше среднее значение толщины стенок сосудов магистральных отделов головы. Производственные факторы, такие как загазованность, пыль, вибрация, неблагоприятный микроклимат, действующие в процессе работы на трактористов сельского хозяйства, могут вызвать изменения печени в виде жирового гепатоза, хронического гепатита. Как известно, холестерин утилизируется в печени. При нарушении ее функции возрастает уровень липопротеидов низкой плотности в крови, что способствует образованию бляшек в стенках сосудов.

Выявлено, что у трактористов агропромышленного комплекса Республики Башкортостан увеличение толщины стенок сосудов магистральных артерий головы имеет прямую зависимость от возраста, а это свидетельствует о высоком риске развития атеросклероза. Метод ультразвукового дуплексного сканирования может быть использован в ранней диагностике атеросклеротических изменений сосудов.

Поступила 21.09.2023

## **ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ У ПРОМЫШЛЕННЫХ РАБОЧИХ**

*Ланко И. В., д. м. н., innakryl78@rambler.ru,*

*Жеглова А. В., д. м. н., професор, zheglovaav@fferisman.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Укрепление состояния здоровья работающего населения на основе улучшения медицинского обслуживания, повышения ответственности работодателей, организации четкой системы финансирования медико-социальной сферы и обеспечения здорового образа жизни является приоритетной задачей отечественного здравоохранения.

Среди заболеваний, приводящих к ограничению профессиональной пригодности и утрате трудоспособности, особое место занимают заболевания, формирующиеся вследствие неблагоприятного воздействия факторов рабочей среды. Низкий уровень состояния популяционного здоровья, слабая мотивация работодателей к заботе о здоровье персонала и снижение ответственности работника за собственное здоровье ведут к позднему выявлению признаков патологических нарушений.

В последние годы особое внимание уделяется выявлению заболеваний, развитие которых связано с воздействием профессиональных вредностей. Профессиональная их обусловленность

соответствует взаимосвязи вредного фактора с состоянием наиболее подверженных воздействию органов и систем. Однако еще до формирования патологического состояния при контакте с фактором рабочей среды изначально формируется цепь метаболических нарушений, которые являются пусковым механизмом для дальнейшего развития той или иной нозологической формы заболевания. В связи с этим выявление ранних биомаркеров развития заболеваний, вызванных воздействием профессиональных вредностей, является актуальным и прогностически значимым.

Изучение условий труда 162 работников горнодобывающих предприятий Белгородской области (АО «Комбинат КМАруда» и АО «Стойленский ГОК»; средний возраст работников  $43,8 \pm 8,4$  года, средний стаж —  $21,3 \pm 6,4$  года) показало, что приоритетным фактором, характеризующим условия труда горнорабочих основных профессиональных групп (проходчики, машинисты буровой установки, водители большегрузных машин и машинисты экскаваторов), является шумовибрационный (класс 3.2–3.3). Кроме того, проходчики и машинисты буровой установки АО «Комбинат КМАруда» подвергаются воздействию охлаждающего микроклимата, имеют место физические перегрузки (класс 3.1–3.2). Водители большегрузов и экскаваторщики подвержены вынужденной позе сидя более 50% времени смены.

Группа контроля, сопоставимая по возрасту и полу с основной, представлена 30 работниками вспомогательных профессий (слесари дежурные и по ремонту оборудования, машинисты подземных электровозов, помощники машинистов экскаватора), не подвергающихся воздействию вредных факторов производства.

Изучение ряда лабораторных показателей у промышленных работников показало достоверное повышение уровня общего и ионизированного кальция на фоне нормальных значений фосфора крови у работников основной группы по сравнению с группой контроля. Отмечено достоверное повышение кислой фосфатазы у горнорабочих основной группы, не выходящее за пределы референсных значений. Изменения показателей костного метаболизма и снижение минеральной плотности костной ткани, диагностируемое при проведении рентгенологической денситометрии, являются факторами риска формирования производственно обусловленных заболеваний костно-мышечной системы.

Исследование липидного профиля свидетельствовало о достоверном повышении уровня общего холестерина, липидов низкой плотности в основной группе по сравнению с контрольной группой ( $t = 2,7-3,8$ ;  $p < 0,05$ ), а также нарушении обмена апобелков со снижением уровня АпоА1 и нарастанием уровня АпоВ у горнорабочих основных профессий. С увеличением стажа работы возрастало соотношение АпоВ/АпоА1 — раннего маркера нарушения обмена липопротеидов и фактора риска сердечно-сосудистых заболеваний. При этом у горнорабочих основных профессиональных групп перечисленные показатели липидного обмена, являющиеся атерогенной фракцией, повышались уже при стаже работы до 15 лет, что позволяет отнести их к ранним предикторам риска нарушения здоровья при воздействии вредных производственных факторов.

Биохимические показатели углеводного обмена горнорабочих основной группы (глюкоза и инсулин крови, гликированный гемоглобин) находились в пределах референтных значений и достоверно не отличались от контроля. Гиперинсулинемия как фактор риска сахарного диабета, а также сердечно-сосудистых заболеваний выявлялась у  $26,2 \pm 3,4\%$  основной группы, что чаще, чем в группе контроля ( $9,7 \pm 4,2\%$ ),  $p < 0,05$ . Наиболее часто гиперинсулинемия диагностировалась при стаже работы до 15 лет ( $34,9 \pm 4,6\%$ ), преимущественно у рабочих средней возрастной группы (до 40–50 лет). Гиперинсулинемия как компенсаторная реакция при инсулинорезистентности, повышая активность симпатической нервной системы, дополнительно усиливает стресс-реакцию, оказывая неблагоприятное влияние на течение и прогноз сердечно-сосудистых заболеваний. Установлена корреляционная связь между комплексом производственных факторов и гиперинсулинемией ( $r = 0,68$ ;  $p < 0,001$ ), стажем работы ( $r = 0,72$ ;  $p < 0,05$ ), индексами инсулинорезистентности ( $r = 0,62-0,64$ ;  $p < 0,001-0,05$ ).

Оценка показателей гипофизарно-надпочечниковой системы свидетельствовала, что средние значения концентрации адренокортикотропного гормона (далее — АКТГ), альдостерона и кортизола не выходят за пределы референтных значений у работников обеих групп. Отмечалась тенденция к повышению уровня кортизола у горнорабочих основной группы, достоверно значимому по сравнению с группой контроля ( $t = 2,9$ ;  $p < 0,05$ ). У стажированных работников (стаж более 15 лет) выявлялось увеличение концентрации АКТГ и снижение значения интегрального гипофизарно-надпочечникового индекса, что указывает на угнетение глюкокортикоидной функции коры надпочечников. Гипофизарно-надпочечниковая система является ведущей в поддержании гомеостаза организма, адаптации к факторам внешней среды. Кортизол регулирует метаболизм, сердечно-сосудистую, центральную нервную систему как при остром, так и при хроническом стрессовом воздействии.

Активирующаяся при воздействии неблагоприятных факторов гипофизарно-надпочечниковая система оказывает непосредственное влияние на гипофизарно-гонадную систему, вступая с ней в реципрокные отношения. Исследование показало, что достоверное снижение уровня общего и свободного тестостерона у горнорабочих основной группы сопровождалось повышением уровня лютеинизирующего гормона. Его повышение выше референтных значений у малостажированных работников сменялось стадией угнетения у высокостажированных. Уровни фолликулостимулирующего гормона находились в пределах референтных значений в обеих группах и значимых изменений в зависимости от стажа не имели. Показатели половых гормонов у горнорабочих являются биохимическими маркерами андрогенодефицита, формирующегося при воздействии вредных производственных факторов. Кроме того, дефицит андрогенов часто сопровождается общесоматическими заболеваниями (ишемической болезнью сердца, гипертонической болезнью, дислипидемией, сахарным диабетом, ожирением), ухудшая их течение и прогноз.

Таким образом, воздействие факторов рабочей среды на горнорабочих приводит к метаболическим нарушениям костеобразования, липидного, углеводного обменов, гормонального профиля, являющимся предпосылкой для развития производственно зависимых заболеваний.

Предупреждение заболеваний, вызванных условиями труда, должно основываться на разработке комплексов информативных биомаркеров для ранней диагностики патологических состояний, позволяющих сформировать группы риска для проведения своевременных лечебно-профилактических мероприятий.

Поступила 15.09.2023

## ТРУДНЫЕ ВОПРОСЫ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОФПАТОЛОГИИ ЛОР-ОРГАНОВ

<sup>1, 3, 4</sup>Панкова В. Б., д. м. н., профессор, [pankova@vniiig.ru](mailto:pankova@vniiig.ru),

<sup>2, 3, 4</sup>Федина И. Н., д. м. н., профессор [infed@yandex.ru](mailto:infed@yandex.ru)

<sup>1</sup>Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт гигиены транспорта» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», г. Москва, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии» Федерального медико-биологического агентства, г. Москва, Россия;

<sup>4</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

В настоящее время в Российской Федерации (далее — РФ) суммарная доля удельного веса рабочих мест с вредными и неблагоприятными условиями труда составляет 29 %, что является риском развития профессиональных заболеваний. Среди всех зарегистрированных профессиональных заболеваний работников РФ в 2022 г. удельный вес профессиональной тугоухости — потери слуха, вызванной шумом, составляет 26,42 %. Значение профессиональных нарушений слуха состоит не только в медицинских, но и в социально-экономических и деонтологических аспектах, что обусловлено развитием заболевания в трудоспособном возрасте, потерей профессиональной трудоспособности и инвалидностью по профессиональному заболеванию. Это формирует потребность работодателей готовить новые кадры, что, в свою очередь, несет экономические потери. Социальное значение проблемы связано с неоднозначностью решения экспертных вопросов, вызывающих длительные конфликты вплоть до судебных разбирательств, что ухудшает качество жизни пациентов и врачей.

Сложность и неоднозначность этиологии профессиональных заболеваний ЛОР-органов, частое формирование социальных конфликтов в случае неудовлетворенности пациента или работодателя экспертным решением в отношении причины заболевания определяют строгие рамки деятельности специалистов-профпатологов при проведении экспертной работы, регламентируемые федеральными и отраслевыми документами. Основы медицинской экспертизы определены Законом от



21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», определяющим, что медицинской экспертизой является исследование, направленное на установление состояния здоровья гражданина, в целях определения его способности осуществлять трудовую или иную деятельность, а также установление причинно-следственной связи между воздействием каких-либо событий, факторов и состоянием здоровья гражданина.

Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации (далее — МЗ РФ) от 27.04.2012 № 417н «Об утверждении Перечня профессиональных заболеваний» определяет нозологические формы профессиональных заболеваний, к числу которых относится не только хроническая нейросенсорная тугоухость, но и акустическая травма, и тугоухость смешанной этиологии. Это положение противоречит позициям специалистов ЛОР-профпатологов, так как в соответствии с клиническими рекомендациями МЗ РФ (2018 г.) к профессиональным нарушениям слуха относятся только «Признаки воздействия шума на орган слуха» (МКБ10-Z57/) и «Двусторонняя хроническая нейросенсорная тугоухость» (МКБ10-H83.3). Такие расхождения в регламентах затрудняют диагностическую и экспертную работу практических врачей.

Современная классификация потерь слуха от воздействия шума гармонизирована с международной классификацией потерь слуха и основана на определении среднеарифметических показателей слуховых порогов на 500, 1000, 2000, 4000 Гц: «Признаки воздействия шума на орган слуха» — 11–25 дБ; «I степень потери слуха» — 1А и 1Б — 26–40 дБ; «II степень» — 41–55 дБ; «III степень» — более 55 дБ. Количественные критерии степени тугоухости «1А» и «1Б» равнозначны и различаются лишь наличием сопутствующей экстраауральной патологии при потере слуха «1Б» для целей дифференцированного назначения лечебно-реабилитационных мероприятий и предупреждения работника о повышении риска развития нарушений состояния здоровья, в том числе слуха, при продолжении работы в условиях воздействия шума.

Критерии профессиональной пригодности определяет приказ МЗ РФ от 28 января 2021 г. № 29н «Об утверждении порядка проведения предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 231 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры». Соответственно регламенту данного приказа кондуктивная, нейросенсорная, другая потеря слуха с одно- или двусторонним снижением остроты слуха (за исключением лиц с врожденной глухотой — инвалидов по слуху с детства, имеющих документ об окончании специализированного ПТУ) является противопоказанием для лиц, поступающих на работу с I степенью снижения слуха, а для работающих — II и более степень снижения слуха.

Наиболее трудным вопросом является экспертиза связи заболеваний гортани с профессией у лиц голосо-речевых профессий. К сожалению, с 2011 г. профессиональные заболевания гортани не были включены в действующий в настоящее время Перечень профессиональных заболеваний приказа Минздравсоцразвития России от 27.04.2012 № 417н «Об утверждении Перечня профессиональных заболеваний». Данное положение находится в противоречии с позицией Роспотребнадзора, характеризующей факторы напряженности труда: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные, монотонность нагрузок, режим работы. Частично это положение исправлено совместным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (далее — Минтруда и соцзащиты РФ) от № 988н и МЗ РФ № 1420 от 31 декабря 2021 г. «Об утверждении перечня вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные медицинские осмотры при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры». Данный приказ регламентирует предельную голосовую нагрузку как 20 часов в неделю. Документом утверждены также противопоказания для лиц, поступающих на работу, и более широкие — для работающих с голосовой нагрузкой. Это положение является важным шагом на пути профилактики заболеваний голосового аппарата у многочисленной армии работников голосо-речевых профессий. Однако следующим, последовательным и обязательным шагом должно быть включение данных нозологических форм в существующий отечественный Перечень профессиональных заболеваний.

Регламенты экспертизы, в том числе и профпатологии ЛОР-органов, определены приказами МЗ РФ от 31 января 2019 г. № 36н «Об утверждении порядка проведения экспертизы связи заболевания с профессией и формы медицинского заключения о наличии или об отсутствии профессионального заболевания» и от 5 мая 2016 г. № 282н «Об утверждении порядка проведения экспертизы профессиональной пригодности и формы медицинского заключения о пригодности или непригодности к выполнению отдельных видов работ».

Установление степени утраты профессиональной трудоспособности (далее — УПТ) в процентах, оформление справки и выписки по результатам освидетельствования и разработка индивидуальной программы пострадавшего на производстве в результате несчастного случая или профессионального заболевания регулируются Постановлением Правительства РФ 16 октября 2000 г. № 789 «Об утверждении правил установления степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» и приказом Минтруда и соцзащиты РФ от 30.09.2020 № 687н «Об утверждении критериев определения степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». Степень УПТ при профессиональной потере слуха (глухоте), сенсоневральной (нейросенсорной) тугоухости устанавливается в процентах от 10 до 60 %, исключительно в зависимости от степени потери слуха: при двусторонней тугоухости I–III степени — 10–30 %, при двусторонней тугоухости IV степени, глухоте двусторонней — 40–60 %.

Несоблюдение регламентированных критериев экспертной работы имеет неблагоприятные последствия как для пациента, так и для общества в целом, так как ведет к необоснованной потере профессиональной пригодности; инвалидизации работников в трудоспособном возрасте; экономическим потерям и затяжным конфликтам со стороны больного или работодателя.

Поступила 12.09.2023

## **О ПОВЫШЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ОРГАНИЗМА К ВРЕДНЫМ ФАКТОРАМ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ И СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

*Рябова Ю. В., к. м. н., ryabovaiuvl@gmail.com,  
Минигалиева И. А., д. б. н., ilzira-minigalieva@yandex.ru,  
Сутункова М. П., д. м. н., marinasutunkova@yandex.ru,  
Привалова Л. И., д. м. н., профессор, privalova@ymrc.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Екатеринбург, Россия

Для сохранения здоровья населения статус генерального сохраняет направление, нацеленное на снижение интенсивности воздействия вредных факторов на организм, — например, разработка гигиенических нормативов, требований и мероприятий. Но в условиях, когда нельзя полностью устранить действие фактора химической, физической или даже климатической природы, развитие профилактической стратегии, ставящей целью повышение резистентности организма, становится актуальным.

Негативное воздействие факторов среды создает только лишь вероятность нарушения здоровья, реализация которой на индивидуальном уровне вариабельна ввиду различий чувствительности к ней и эффективности защитно-компенсаторных механизмов. Именно на это нацелена «*биологическая профилактика*» — профилактическая стратегия, использующая меры, направленные не на улучшение условий производственной среды и среды обитания, но на повышение адаптационного потенциала организма. Основные принципы и конкретные технологии биологической профилактики были заложены и продолжают совершенствоваться коллективом ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» (далее — Центр) уже более 40 лет.

Таким образом, целью настоящей работы является обобщение стратегии и результатов повышения устойчивости организма к вредным факторам производственной среды и среды обитания.

Начиная с 1982 г. разработаны и апробированы в десятках экспериментальных исследований различные способы повышения резистентности организма к действию вредных факторов среды — загрязнителей органической и неорганической природы, включая частицы нанометрового диапазона. В качестве биопротекторов испытывались отдельные витамины и витаминно-минеральные препараты, особенно обладающие антиоксидантными свойствами, глутаминат натрия, цистеин, пектиновые энтеросорбенты, биотические дозы меди, железа, кальция и йода, йодные и сероводородные ванны, а также различные комплексы перечисленных средств.

Некоторые из этих комплексов после тщательной экспериментальной проверки проходили контролируемые испытания в реальных условиях: для детей, проживающих в экологически

неблагополучных городах — Красноуральске, Кировграде, Екатеринбурге, Нижнем Тагиле, Асбесте, Владикавказе, Красноярске; для работающих с вредными условиями труда: ОАО «Ураласбест», предприятия «УГМК-холдинга» (курсы проведены как непосредственно на предприятиях, так и в профилакториях, на базе стационара нашего Центра). На основе положительных результатов этих контролируемых курсов проводится широкая биопрофилактика для населения из групп повышенного риска: детей, беременных женщин, проживающих в условиях токсических нагрузок, а также работающих с вредными условиями труда.

Важным результатом наших исследований является доказательство того, что устойчивость организма к системной токсичности, генотоксичности и даже кардиотоксичности может быть существенно повышена. Выполненная работа имеет охраноспособные решения, по материалам исследований получен ряд патентов на изобретения Российской Федерации.

Таким образом, ранее накопленный практический опыт организации биологической профилактики позволяет полагать, что дальнейшее развитие этих исследований с практическим внедрением результатов является одним из перспективных направлений стратегии управления профессиональными и экологически обусловленными рисками для здоровья.

Поступила 12.09.2023

## **ЦИТОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БУККАЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ — МАРКЕР ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ К РАЗВИТИЮ МИОМЫ МАТКИ РАБОТНИЦ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Сахаутдинова Р. Р., к. м. н., sahautdinova@ymrc.ru,  
Бушуева Т. В., к. м. н., bushueva@ymrc.ru,  
Грибова Ю. В., gribova@ymrc.ru,  
Лабзова А. К., labzovaak@ymrc.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Екатеринбург, Россия

Миома матки — малоизученное гинекологическое заболевание, диагностируемое у 60–70% женщин репродуктивного и перименопаузального возраста. Учитывая полиэтиологичность патологии, актуально изучение влияния вредных факторов, предрасполагающих к ее развитию, обладающих мутагенным и канцерогенным действием в условиях производственной среды. Согласно последним данным о роли генетического механизма развития миомы матки, цитологическое исследование буккального эпителия как метод скрининга может служить источником важной диагностической и прогностической информации. Цитоморфологические изменения буккального эпителия являются маркером генотоксических и цитотоксических эффектов влияния химических соединений и расширяют знания об этиопатогенезе отдельных многофакторных заболеваний, к которым относится миома матки — наиболее часто встречающееся доброкачественное новообразование органов женской репродуктивной системы.

Целью нашего исследования является обоснование применения цитологического исследования буккального эпителия в качестве скринингового маркера предрасположенности к развитию миомы матки работниц медеплавильного предприятия.

Обследовано 47 работниц медеплавильного предприятия, из них 10 работниц купоросного (возраст  $51,2 \pm 1,9$ ; стаж  $14,1 \pm 0,6$ ); 13 работниц медеплавильного (возраст  $46,9 \pm 1,6$ ; стаж  $13,6 \pm 0,7$ ); 16 работниц химико-металлургического (возраст  $48,7 \pm 1,8$ ; стаж  $16,3 \pm 0,49$ ) цехов; 8 — группа контроля (возраст  $40,1 \pm 0,92$ ; стаж  $9,25 \pm 0,64$ ). Соскоб эпителия для цитологического исследования брали с внутренней поверхности щеки цитощеткой и переносили на предметное стекло, высушивали естественным путем, окрашивали по Паппенгейму. Анализ препаратов осуществляли под микроскопом Primo Star (Carl Zeiss) при увеличениях  $16 \times 40$  и  $16 \times 100$ . Подсчет проводили на 1000 клеток. Оценивались показатели: цитогенетические, пролиферации и деструкции ядра. Результат выражали в промилле (‰). При статистическом анализе использовали пакет Statistica 6.0. Достоверность различий оценивали с помощью непараметрического критерия Манна — Уитни.

При анализе результатов у 23 % (10 человек) контактирующих с вредными факторами производства, обладающими канцерогенным, мутагенным и аллергическим действием, концентрации которых не превышали уровни ПДК в воздухе рабочей зоны, выявлена миома матки. Частота встречаемости патологии у женщин в купоросном и химико-металлургическом цехах составила 30 %, в медеплавильном — 40 %.

Выявлено достоверное увеличение цитогенетических показателей по типу протрузии у женщин с миомой матки в химико-металлургическом цехе (5,50; 1,96;  $p = 0,0492$ ) по сравнению с контролем, что свидетельствует о генотоксических изменениях. Показаны достоверные изменения ранней деструкции ядра и цитоплазмы, такие как конденсация ядра (2,00; 2,27;  $p = 0,022$ ) и вакуолизация цитоплазмы (3,00; 2,12;  $p = 0,033$ ) у женщин с патологией в медеплавильном цехе по сравнению с контролем. Достоверных изменений показателей в купоросном цехе не выявлено.

Таким образом, цитологическое исследование буккального эпителия ротовой полости позволяет проводить экспресс-оценку состояния генетического аппарата клетки при воздействии вредных факторов. Полученные результаты могут быть использованы для разработки алгоритма скрининговых обследований работниц с последующим формированием групп повышенного риска развития миомы матки в условиях воздействия производственных факторов.

Поступила 13.09.2023

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ РИСКА СМЕРТИ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

*Шаповал И. В., shapoval-inna@mail.ru,  
Каримова Л. К., д. м. н., профессор, iao-karimova@rambler.ru,  
Мулдашева Н. А., muldasheva51@gmail.com,  
Бейгул Н. А., к. х. н., Omt\_ufnii@mail.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия

Проблема внезапной смерти в течение многих лет остается одной из актуальных проблем в силу своей медицинской и социальной значимости. По прогнозным оценкам, в ближайшие десятилетия в мире ожидается увеличение риска развития смерти на рабочем месте вследствие роста распространенности таких факторов риска, как напряженность труда и интенсивный темп жизни.

По данным официальной статистики, за последние годы в Российской Федерации на фоне снижения количества официально регистрируемых несчастных случаев со смертельным исходом происходит увеличение числа умерших на рабочем месте от общих заболеваний, как правило, вследствие сердечно-сосудистых осложнений (83,0% от всех смертельных случаев).

В зарубежной и отечественной научной литературе имеются единичные работы, касающиеся проблемы внезапной смерти на рабочем месте от общих заболеваний. Наиболее полно освещены случаи смерти на рабочем месте в Японии, получившие название «кароси», что означает внезапную смерть на рабочем месте, вызванную усталостью и переутомлением вследствие переработок.

Немногочисленные отечественные исследования, посвященные изучению внезапной смерти, касались в основном работников опасных профессий: работников локомотивных бригад, авиационистов, моряков, горнорабочих угольных шахт.

Значимость данной проблемы диктует необходимость проведения исследований по изучению частоты и особенностей развития внезапной смерти на рабочем месте от общего заболевания у работников различных производств, профессий.

Следует различать внезапную смерть и внезапную сердечную смерть (внезапная смерть от сердечной причины).

Общепринятыми терминами являются:

– в соответствии с определением ВОЗ: внезапная смерть — это случаи гибели практически здоровых лиц или больных, состояние которых считалось вполне удовлетворительным;

– внезапная же сердечная смерть, в соответствии с Национальными рекомендациями по определению риска и профилактике внезапной сердечной смерти, — это неожиданная смерть человека от сердечно-сосудистого заболевания или состояния, которое происходит в течение 1 ч от начала

симптомов, если человек умирает при свидетелях, или в течение 24 ч с момента, когда умершего в последний раз видели живым и без симптомов.

Внезапная смерть может развиваться в результате некардиальных причин, в частности, таких как массивная тромбоэмболия легочной артерии, разрыв аневризмы сосудов головного мозга, алкогольное и наркотическое отравление и т. д., однако лидирующее место (около 90 %) в структуре внезапной смерти занимает внезапная сердечная смерть.

Проведены исследования, целью которых стало изучение обстоятельств и причин внезапной смерти вследствие общего заболевания на рабочем месте, и обоснована программа по ее профилактике.

С этой целью проанализированы материалы расследования несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний, произошедших на предприятиях и в организациях Республики Башкортостан за период 2014–2020 гг. Подробно были изучены документы, включающие конкретные обстоятельства и причины смерти: сведения о прохождении обязательных (как предварительных, так и периодических) медицинских осмотров; карты специальной оценки условий труда (далее — СОУТ); объяснительные свидетелей несчастного случая: заключения судебно-медицинской экспертизы и другие. Всего было проанализировано 433 материала расследования несчастных случаев со смертельным исходом от общих заболеваний.

При анализе случаев смерти от общих заболеваний учитывали пол, возраст, время несчастного случая (месяц, день недели, время суток), а также вид организационно-правовой принадлежности предприятия (организации), категорию должностей, класс условий труда в соответствии с СОУТ, причины смерти (заболевания) в соответствии с МКБ-10.

Установлено, что наибольшее число умерших на рабочем месте вследствие общего заболевания регистрировалось на предприятиях обрабатывающей отрасли, транспортировки и хранения. При расчете относительных показателей на 1000 работников первое ранговое место занимала деятельность по обеспечению электрической энергией, газом, второе — деятельность в области информации и связи.

Наиболее часто случаи смерти на рабочем месте от общих заболеваний регистрировались на предприятиях и в учреждениях таких организационно-правовых форм, как общества с ограниченной ответственностью, в государственных и муниципальных организациях, в акционерных обществах.

Из материалов специальной оценки условий труда следует, что условия труда умерших работников в большинстве случаев (65,4 %) соответствовали допустимому классу (2 класс). Во вредных условиях труда (подкласс 3.1–3.3) работало 29,0 % умерших. Вредные условия труда, соответствующие подклассу 3.1, имели 21,0 %, подклассу 3.2 — 7,3 %, подклассу 3.3 — 0,7 % умерших. Особую озабоченность вызывает то, что при наличии по материалам СОУТ вредных условий труда часть умерших не проходили медосмотр.

Предъявляли жалобы на ухудшение самочувствия за неделю до летального исхода 0,9 % умерших работников, в день смерти — 10,1 %.

Установлено, что основными причинами внезапной смерти на рабочем месте (98,2 %) в 2014–2022 гг. в Республике Башкортостан являлись болезни системы кровообращения, которые регистрировались чаще у мужчин в возрасте 56–60 лет.

В структуре внезапных смертей существенную часть составляли такие патологии, как «Острые формы ИБС», в том числе «Острый коронарный синдром», «Острый инфаркт миокарда», «Внутри-мозговые кровоизлияния».

Основное число работников (89,1 %) умерло внезапно, непосредственно на рабочем месте; лишь 29,1 % были доставлены бригадой скорой помощи в стационар, но спасти их также не удалось.

Вышеизложенное обосновывает необходимость разработки комплекса мер по снижению риска смерти от общих заболеваний на рабочем месте, которые в первую очередь должны быть направлены на предупреждение развития и раннее выявление у работников болезней системы кровообращения.

В связи с вышесказанным нами разработана базовая программа многофакторной профилактики внезапной смерти на рабочем месте, которая отражает основной комплекс профилактических мероприятий и может быть составной частью интегральной корпоративной программы по обеспечению безопасных условий труда и сохранению здоровья работников.

Цель программы: предупреждение и снижение внезапной смерти на рабочем месте от общих заболеваний, в том числе болезней системы кровообращения.

Основные направления программы: обеспечение безопасных условий труда, формирование рациональных режимов труда и отдыха, создание условий для поддержания здорового образа жизни,

поддержание благоприятного психологического климата в коллективе, организация проведения качественных медицинских осмотров, приближение первичной медико-санитарной помощи к рабочим объектам.

К основным, принципиальным мероприятиям при внезапной смерти, обеспечивающим повышение процента выживаемости больных, относятся раннее распознавание внезапной смерти, своевременный вызов медицинской помощи, немедленное начало компрессии грудной клетки и дефибрилляции. В связи с этим медицинский персонал и работники предприятий должны быть обучены методам первой медицинской помощи, сердечно-легочной реанимации с применением дефибрилляторов.

Особое значение имеет приближение первичной медико-санитарной помощи к рабочим объектам путем создания медико-санитарных частей, фельдшерских здравпунктов на промышленных объектах и в вахтовых поселках, оснащенных электрокардиографами, дефибрилляторами, автомобилем скорой помощи, что позволит снизить риск внезапной смерти от 2,0 до 24,0 %.

Реализация программы позволит снизить величину экономического ущерба и предотвратить трудовые потери от преждевременной смерти на рабочем месте.

Поступила 20.09.2023

## Раздел 4

# ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ. СТАТЬИ

### ЦИФРОВОЕ ПОВЕДЕНИЕ И ЗДОРОВЬЕ ПОДРОСТКОВ ПОКОЛЕНИЯ Z

Гребень Н. Ф., *strekosa@tut.by*

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр психического здоровья», г. Минск, Республика Беларусь

Развитие информационных технологий породило новые виды и формы поведения человека. Технические цифровые устройства стали восприниматься как инструменты профессиональной, бытовой, развлекательной деятельности. Более того, они создали своего рода параллельную реальность, которая стала частью современного бытия.

Цифровое поведение представляет собой «новый вид поведения человека, который требует специального изучения, выделения и анализа его логико-категориальных характеристик, построения детерминационных моделей формирования и развития цифровых поведенческих паттернов» [4].

Особенно чувствительны к влияниям цифровой среды дети и подростки, которые по активности освоения технических устройств значительно опережают взрослых. По данным зарубежных исследований, чаще других категорий населения интернет используют учащиеся старших классов и студенты университетов в возрасте от 16 до 24 лет, которые находятся на решающем этапе своего социального и эмоционального развития [3]. Российские коллеги также подчеркивают, что именно подростки являются одними из наиболее активных участников онлайн-деятельности и представляют поколение, сформировавшееся в цифровую эпоху [3].

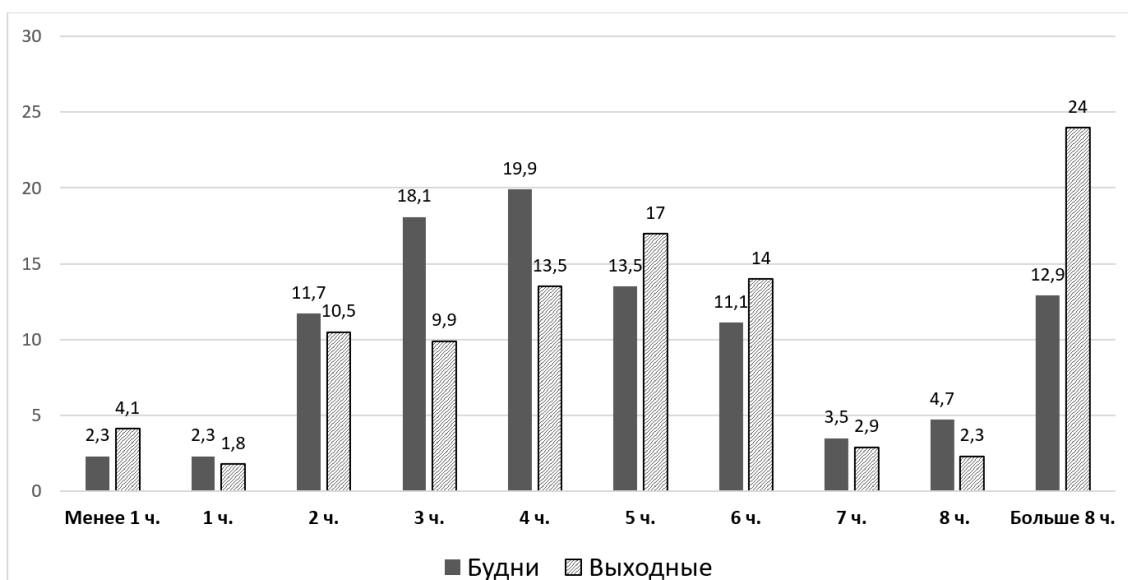
Теперь интернет не ограничивается домашним компьютером и может быть доступен в любой момент благодаря мобильным телефонам, смартфонам или карманным устройствам. Подростки поколения Z живут в совсем ином мире по сравнению со своими предшественниками. Для них цифровые сервисы и технологии — это неотъемлемая бытовая часть жизни. Они не только «не видят разницы между реальным и виртуальным», но и не мыслят себя вне цифровой среды. Согласно исследованиям, поколение Z более образованно, чем все предыдущие, а их основной ценностью является поиск истины [5].

Вместе ряд исследователей высказывает опасения относительно столь интенсивной цифровизации. Так, Дж. Твендж [1] на основании длительного изучения различий между поколениями пришла к выводу, что гаджеты кардинально поменяли практически все аспекты жизни современных подростков по сравнению с представителями тех поколений, которые были не так массово ими вооружены. В подростковой среде выросли показатели депрессии и суицидов, но упала предрасположенность к вступлению в романтические отношения, дети стали более инфантильными и предпочитают общение в социальных сетях личным встречам с друзьями, у них вырос уровень неудовлетворенности жизнью и субъективного ощущения неблагополучия.

Несмотря на актуальность и значимость проблемы цифрового поведения современных подростков, в Республике Беларусь она остается не изученной.

Целью исследования было изучение особенностей цифрового поведения современных подростков. В рамках данной работы представлена самооценка подростками негативных последствий для здоровья от чрезмерной увлеченности видеоиграми (компьютерными играми).

Выборку исследования составил 171 подросток, обучающийся в профессионально-техническом колледже г. Минска на 1-м и 2-м курсах. Средний возраст:  $16,33 \pm 1,05$  года; распределение по полу: 156 юношей (91,2%) и 15 девушек (8,8%). Проживание: в больших городах (областные центры, преимущественно г. Минск) — 130 (76%) человек, в небольших городах — 30 (17,5%), в сельской местности — 11 (6,5%). Данное исследование проводилось на выборке с предполагаемым риском развития цифровой зависимости. К факторам риска были отнесены: мужской пол, школьная дезадаптация, низкая учебная успеваемость, склонность к девиантному поведению (раннее табакокурение и употребление алкоголя, делинквентное поведение).

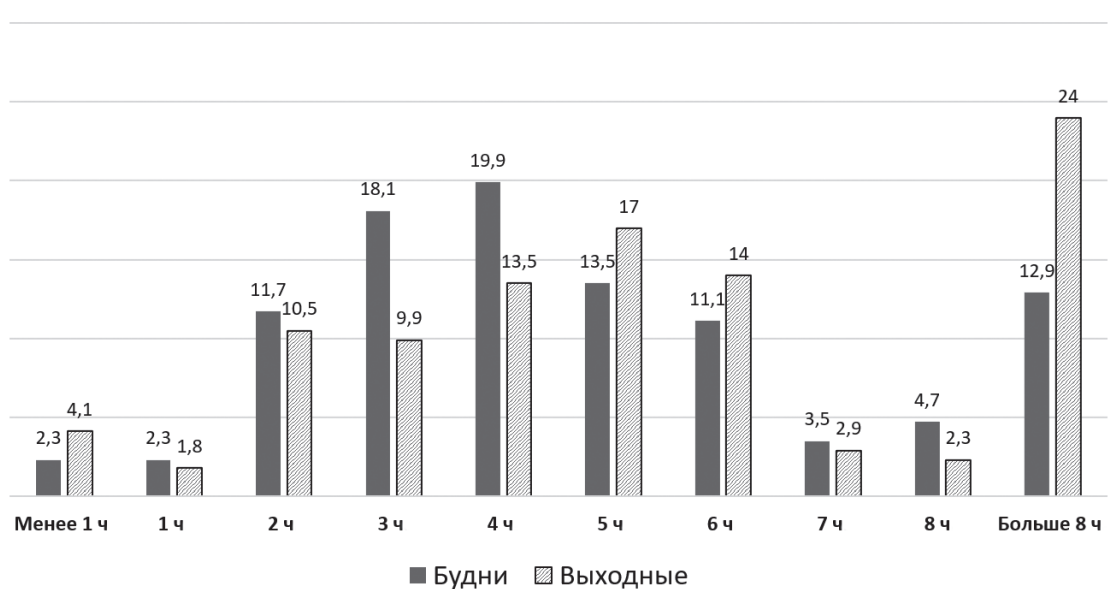


**Рисунок 1 – Распределение цифрового времени подростков в будние и выходные дни**

Участие в исследовании носило добровольный и анонимный характер. Для изучения вредных последствий от чрезмерной увлеченности компьютерными играми применялся метод фокус-групп. Особенности цифрового поведения исследовались при помощи авторской анкеты, которая включала в себя вопросы открытого и закрытого типа. Исследование было реализовано при помощи онлайн-сервиса «Google Forms». Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием программ Microsoft Excel и SPSS 17.0.P.

Результаты анкетирования позволили нам получить следующие данные. Среднее цифровое время в будние дни у подростков, учащихся колледжа, равно  $4,85 \pm 2,59$  часа, в выходные —  $6,04 \pm 3,71$ . Согласно данным частотного анализа (рисунок 1), наибольший процент выборки проводит за экранами гаджетов и персональных компьютеров 4 (19,9%) и 3 часа (18,1%) в будние дни, а в выходные — больше 8 часов (24%) и 5 часов (17%). В выборке есть подростки, которые несмотря на занятость в колледже в будние дни, успевают пребывать за экранами технических устройств более 8 часов (12,9%), а в выходные дни этот показатель увеличивается вдвое (24%).

Цифровое время подростки тратят на следующие занятия (рисунок 2): компьютерные игры (67,8%), просмотр сериалов и фильмов (62,2%), посещение социальных сетей (50,9%), посещение сайтов по интересам (33,9%), веб-серфинг (21,6%) и посещение сайтов, где можно заработать (21,1%).



**Рисунок 2 – Виды занятий и предпочтения подростков в цифровой среде**



Отличительной особенностью подросткового возраста является невысокий уровень осознанности. А. В. Кондрашкин [2] считает, что современные подростки отличаются еще и новым типом сознания — системно-смысловым, а не системно-структурным. В связи с этим современных детей интересует не причинно-следственная зависимость объектов и явлений, а смысл поступков и действий. Они задают вопрос «зачем?», а не «почему?».

В силу вышесказанного для нас было важным понять, насколько сами подростки осознают и могут выстроить причинно-следственные связи между чрезмерной увлеченностью видеоиграми и нарушениями здоровья. Поэтому первоначально учащимся предлагалось ответить на открытый вопрос «Есть ли у вас вредные последствия от увлеченности компьютерными играми?». Всего было получено 25 вариантов ответов, которые были обобщены до 17 смысловых единиц (таблица 1).

Таблица 1 — Вредные последствия от увлечения компьютерными играми у подростков (открытый вопрос)

№ п/п	Ответы	Количество	%
1	Нет / никаких / не сталкивался	119	69,6
2	Нарушение зрения + красные глаза	18 + 1	11,1
3	Усталость / слабость	5	2,9
4	Агрессивность / раздражительность	5	2,9
5	Недосыпание	4	2,3
6	Нарушения осанки / сколиоз	4	2,3
7	Привыкание / зависимость / лудомания	4	2,3
8	Не знаю	4	2,3
9	Не увлекаюсь / нет компьютера	4	2,3
10	Пострадала учеба	3	1,7
11	Сломал телефон	2	1,2
12	Развилась ленивость	1	0,6
13	Меньше стал гулять	1	0,6
14	Потеря личного времени	1	0,6
15	«Испортил психику»	1	0,6
16	Глюки	1	0,6
17	Хочется донатить	1	0,6

Большинство подростков из нашей выборки, что составило 69,6 %, дали отрицательный ответ на вопрос. Жалобы на физическое здоровье — нарушение зрения, нарушение осанки, усталость, недосыпание — указали 18,6 % респондентов. Жалобы на психическое здоровье — агрессивность, зависимость, ленивость, нарушения психики, глюки характерны для 7 % опрошенных. 2,3 % подростков затруднились ответить на данный вопрос, по 2,3 % составили и такие ответы, как «не увлекаюсь» или «нет компьютера». На снижение учебной успеваемости указали только 3 человека (составило 1,7 %). 1,2 % — ответ «сломал телефон из-за игр». Оставшиеся ответы представлены в единичных случаях.

На следующем этапе опроса мы предложили подросткам уже готовые варианты ответов на вопрос, касающийся вредных последствий от компьютерных игр. Обозначенные ответы были получены ранее по результатам проведения 3 фокус-групп среди лиц подросткового возраста другого учебного заведения. Всего предлагалось оценить 14 вариантов ответов по следующей шкале: «нет, это не про меня», «частично это так», «да, это так». По факту было получено следующее частотное распределение (таблица 2).

Таблица 2 — Вредные последствия от увлеченности компьютерными играми у подростков (закрытый вопрос)

№ п/п	Жизненные трудности и нарушения здоровья	Нет, это не про меня, %	Частично это так, %	Да, это так, %
1	Ухудшилась учебная успеваемость	76	21,1	2,9
2	Ухудшилось зрение	65,5	25,1	9,4

№ п/п	Жизненные трудности и нарушения здоровья	Нет, это не про меня, %	Частично это так, %	Да, это так, %
3	Ухудшилась осанка, появились проблемы с позвоночником	72,5	20,5	7
4	Появилось чувство недосыпания, усталость	75,4	17,5	7
5	Стало меньше реального общения	83	12,9	4,1
6	Нарушения личной гигиены (чистота тела, одежды, обуви...)	94,2	4,1	1,8
7	Потеря времени	76	18,1	5,8
8	Потеря денег	85,4	11,7	2,9
9	Конфликты с родителями на почве увлеченности играми	86,5	10,5	2,9
10	Рост раздражительности, агрессивности, когда запрещают играть	89,5	8,8	1,8
11	Трудности в установлении контактов со сверстниками в повседневной жизни	89,5	8,8	1,8
12	Потеря себя, нереализация своих истинных потребностей и желаний	88,3	8,8	2,9
13	Детское поведение, нежелание взрослеть	85,4	11,1	3,5
14	Трудности в формировании профессиональных навыков	89,5	9,4	1,2

По результатам закрытого опроса 9,4% учащихся негативные последствия от компьютерных игр связывают чаще всего с нарушениями зрения, 7% — с нарушениями сна, и еще 7% — с ухудшением осанки. Несколько менее значимыми вредными последствиями являются: потеря времени (5,8%), уменьшение реального общения (4,1%), детское поведение, нежелание взрослеть (3,8%). При этом, как считает большинство подростков, увлеченность компьютерными играми практически не мешает им соблюдать личную гигиену, устанавливать контакты со сверстниками в обыденной реальности, не влияет на рост раздражительности, агрессивности при запрете со стороны взрослых, не препятствует формированию профессиональных навыков. Достаточно часто молодые люди прибегают к промежуточному варианту ответа — «частично это так», тем самым признавая причастность игровой страсти к тому или иному нарушению их функционирования. В целом, сравнивая ответы на открытый и закрытый вопросы, можно утверждать, что при закрытой форме вопроса было получено больше ответов, касающихся нарушений жизнедеятельности подростков, в том числе и здоровья.

Таким образом, результаты проведенного эмпирического исследования позволяют нам обозначить следующие выводы.

Большинство учащихся профессионально-технического колледжа, подростки поколения Z, проводят за экранами технических устройств порядка 5 часов в сутки в будние дни и 6 часов в выходные. У более чем 20% подростков цифровое время составляет больше половины часов бодрствования, что сопряжено с достаточно высокими рисками нарушения здоровья.

Цифровое время подростки чаще всего тратят на видеоигры, несколько меньше — на просмотр сериалов и фильмов, посещение социальных сетей. Предпочтение видеоигр представляет собой наиболее небезопасную форму проведения досуга, так как может приводить к развитию не только зависимого поведения, но и игрового компьютерного расстройства.

Порядка 70% учащихся колледжа считают, что увлеченность компьютерными играми не имеет вредных последствий для их жизнедеятельности. Среди обозначенных вредностей от видеоигр чаще всего подростки указывали нарушения зрения, недосыпание, нарушения осанки, усталость, агрессивность и раздражительность. При этом жалобы на физическое здоровье преобладают над жалобами на психическое здоровье. Уровень осознанности последствий чрезмерного увлечения компьютерными играми у подростков снижен.

Выявленные особенности цифрового поведения представителей поколения Z примерно у 30% учащихся колледжа являются небезопасными и требуют интервенций со стороны взрослых.

## Литература

1. Горский, Д. А. Медиагигиена и профилактика цифровой зависимости: основные проблемы и возможные направления решения / Д. А. Горский // Корпоративные стратегические коммуникации: тренды в профессиональной деятельности: материалы Третьей Междунар. науч.-практ. конф., Минск,

8–9 окт. 2020 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: О. М. Самусевич (отв. ред.) [и др.]. — Минск, 2020. — С. 382–387.

2. Кондрашкин, А. В. Интернет в развитии современных подростков / А. В. Кондрашкин // Психологическая наука и образование. — 2013. — Т. 5, № 2. — С. 114–134.

3. Панов, В. И. Поведение подростков в цифровой образовательной среде: к определению понятий и постановке проблемы / В. И. Панов [и др.] // Изв. Саратов. Ун-та. Новая серия. Серия: Акмеология образования. Психология развития. — 2021. — Т. 10, вып. 3. — С. 188–196.

4. Погожина, И. Н. Цифровое поведение и особенности мотивационной сферы интернет-пользователей / И. Н. Погожина [и др.] // Вопр. образования. — 2020. — № 3. — С. 60–94.

5. Стиллман, Д. Поколение Z на работе. Как его понять и найти с ним общий язык / Д. Стиллман, И. Стиллман; пер. с англ. Ю. Кондукова. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2018. — 273 с.

Поступила 25.09.2023

## ОБОРУДОВАНИЕ МЕБЕЛЬЮ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОСТРАНСТВА ГРУППОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ УЧРЕЖДЕНИЙ ДОШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Грекова Н. А., [ngrekova20@gmail.com](mailto:ngrekova20@gmail.com),  
Полянская Ю. Н., [deti@rspch.by](mailto:deti@rspch.by),  
Карпович Н. В., [karpovich-nv@mail.ru](mailto:karpovich-nv@mail.ru),  
Итпаева-Людчик С. Л., к. м. н., [ssecretary@rspch.by](mailto:ssecretary@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Дошкольный возраст — время формирования основы здоровья будущего взрослого человека. Функциональные отклонения, возникающие в работе различных органов и систем в данном возрастном периоде, зачастую прогрессируют в период школьного обучения и могут приводить к развитию более серьезных нарушений в состоянии здоровья подростков и взрослых, оказывая существенное влияние на выполнение социальных функций и качество жизни. Дошкольный возраст является периодом интенсивного роста и развития, характеризуется высокой чувствительностью организма к воздействию благоприятных и неблагоприятных условий окружающей среды. Дети данной возрастной группы проводят значительное время в учреждениях дошкольного образования (до 50 % суточного бюджета времени), следовательно, комплекс факторов, таких как благоустройство территории, оборудование помещений, освещенность, параметры микроклимата и качества воздуха, организация питания, а также факторы воспитательного и образовательного процесса оказывают существенное влияние на формирование здоровья дошкольников. В связи с тем, что на старший дошкольный возраст приходится начало систематического обучения, необходимо подчеркнуть особую значимость оснащения учреждений дошкольного образования (далее — УДО) мебелью [1, 2].

Рациональная организация пространства УДО имеет значение для охраны здоровья детей, а также для эффективной реализации образовательных и воспитательных программ дошкольного образования. К мебели в учреждениях образования предъявляется целый ряд требований: педагогические; санитарно-гигиенические; эргономические; производственно-экономические; архитектурно-художественные. Мебельная продукция должна быть изготовлена таким образом, чтобы при ее применении по назначению и при условии соблюдения правил, предусмотренных эксплуатационными документами, она была безопасной для здоровья детей. Подтверждением безопасности мебели для дошкольных учреждений является соответствие требованиям технического регламента Таможенного союза ТР ТС 025/2012 «О безопасности мебельной продукции», утвержденного Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 15 июня 2012 г. № 32.

Вопросы оборудования помещений учреждений дошкольного образования мебелью детской дошкольной регламентированы Специфическими санитарно-эпидемиологическими требованиями к содержанию и эксплуатации учреждений образования, утвержденными постановлением Совета Министров Республики Беларусь 7 августа 2019 года № 525 и Санитарными нормами и правилами «Требования для учреждений дошкольного образования», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 25 января 2013 № 8.

В рамках научно-исследовательской работы «Разработать и внедрить метод гигиенической оценки мебели с учетом особенностей физического развития воспитанников учреждений дошкольного образования» (задание 01.12. подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг») изучена оснащённость мебелью 44 групповых ячеек десяти УДО, расположенных в г. Минске и районных центрах шести областей Республики Беларусь. Выполнены измерения длины тела дошкольников и проанализирована организация рабочих мест 490 воспитанников средних и старших групп УДО.

При гигиенической оценке групповых ячеек УДО установлено, что все помещения (приемные-раздевальные, игровые, спальные, буфетные, туалетные) расположены на одном этаже, функционально связаны друг с другом. Игровые помещения оборудованы столами и стульями, спальные помещения — индивидуальными кроватями.

Основной тип мебели для занятий и приема пищи — двухместные столы с ящиками для учебных пособий; двухместные столы с регулируемыми параметрами без ящиков для учебных пособий. Помимо двухместных прямоугольных столов используются столы двухместные трапециевидные и других форм. Данные столы используются как отдельно стоящие, так и составленные группами для круговой рассадки детей. В комплекте со столами в большинстве случаев использовались стулья с постоянными параметрами, реже с регулируемыми параметрами. Во всех обследованных группах имелись схемы рассадки воспитанников. Не менее двух раз в год проводится корректировка рассаживания детей.

По результатам измерений длины тела установлено, что наиболее востребованными номерами мебели при подборе по росту детей в соответствии с ростовой шкалой среди обследованных воспитанников средних и старших групп являются второй (60,0% воспитанников) и первый (36,7% воспитанников) номера. Мебель третьего номера соответствует росту 2,9% воспитанников, всего 0,4% обследованных детей имели рост менее 100 см (соответствует нулевому номеру мебели). Данные о распределении обследованных воспитанников средних и старших групп УДО по ростовым группам представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Распределение воспитанников по ростовым группам в соответствии с ростовой шкалой (номером мебели)

Группы УДО	Ростовая группа (номер мебели)							
	№ 0		№ 1		№ 2		№ 3	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Средние (n = 197)	2	1,0	128	65,0	66	33,5	1	0,5
Старшие (n = 293)	0	0	106	17,7	115	77,8	2	4,4
Всего (n = 490)	2	0,4	180	36,7	294	60,0	14	2,9

Установлено, что мебель в соответствии с ростом была подобрана для 74,1% воспитанников. Мебелью на один номер больше нормируемого в соответствии с их ростом оборудованы рабочие места 15,9%, мебель с меньшим в сравнении с нормируемым номером была на рабочих местах 10,0% дошкольников.

Рациональная организация пространства в дошкольных учреждениях является важным гигиеническим фактором. Важен не только индивидуальный подбор детской мебели в соответствии с антропометрическими параметрами — правильное ее расположение в групповых ячейках также является важным элементом при создании здоровьесберегающей среды. При расстановке столов для занятий соблюдалось требование их установки у светонесущей стены при левостороннем освещении. В игровых помещениях дошкольных учреждений расстояние от первого ряда столов до светонесущей стены соответствовало установленному нормативу — не менее 1 метра, соблюдалось нормативное расстояние между рядами столов — не менее 0,5 метра.

Спальные помещения всех обследованных групповых ячеек экспериментальных учреждений образования оснащены индивидуальными кроватями с установленными нормативными размерами — длиной 140 см и шириной 60 см. В спальнях помещениях для групп с высокой наполняемостью установлены двухъярусные кровати с ограждением ложа второго яруса. При расстановке кроватей в спальнях помещениях учтены требования к ширине проходов между кроватями (не менее 45 см), однако в большинстве помещений (75,0%) не выдерживается расстояние между кроватями (30 см).

Площадь игровых помещений, предназначенных для занятий, игр, приема пищи, колебалась от 36,9 м<sup>2</sup> до 51,0 м<sup>2</sup>, в среднем составила 46,6 ± 0,8 м<sup>2</sup>. В пространстве обследованных игровых по-

мещений предусмотрена зона, где расположена детская мебель (столы и стулья); по периметру помещений установлены ленточные столы и шкафы для пособий, художественной и методической литературы, игрушек, а также расположены тематические уголки (уголки познавательной-исследовательской и опытно-экспериментальной деятельности, уголки сюжетно-ролевых игр, уголки игровой деятельности, уголки чтения, национальные уголки, уголки профессий и др.).

С целью оценки возможности удовлетворения естественной потребности дошкольников в двигательной активности оценивалась площадь свободного пространства в игровых помещениях. В группах экспериментальных учреждений списочный состав воспитанников составлял от 11 до 38 детей. Соответственно, зона столов, в которой располагалась детская мебель, варьировала от 4,3 м<sup>2</sup> до 31,4 м<sup>2</sup>. Для комфортного нахождения в игровой, поддержания двигательной активности детей, создания благоприятных санитарно-гигиенических условий пребывания в дошкольном учреждении рекомендованная площадь игрового помещения должна быть не менее 2 м<sup>2</sup> на одного воспитанника. Средняя площадь обследованных игровых помещений экспериментальных учреждений дошкольного образования соответствовала рекомендуемому нормативу и составляла 2,1 ± 0,13 м<sup>2</sup> на одного воспитанника. Однако при оценке площади свободного пространства, без учета площади, занимаемой детской мебелью (столы, стулья), ленточными столами, шкафами, игровыми уголками, установлено, что площадь свободного пространства составляла в среднем 1,4 ± 0,12 м<sup>2</sup>, в группах с максимальной наполняемостью — всего 0,6 м<sup>2</sup> на одного ребенка.

Таким образом, в обследованных учреждениях соблюдались основные требования к оборудованию помещений мебелью, расстановке и рассаживанию. Вместе с тем при оценке организации рабочих мест в четверти случаев установлено несоответствие размера мебели росту детей. Обращает на себя внимание величина площади свободного пространства в игровых, вероятно недостаточная для поддержания двигательной активности воспитанников УДО, что может являться фактором риска формирования нарушений состояния здоровья. Полученные результаты обуславливают важность проведения хронометражных наблюдений и мониторинга двигательной активности, изучения особенностей физического развития современных дошкольников.

## Литература

1. Степанова, М. И. Гигиенические принципы проектирования пространства и архитектурной среды детских садов / М. И. Степанова, В. Р. Кучма // Гигиена и санитария. — 2017. — Т. 96, № 2. — С. 158–161.

2. Пронина, Т. Н. Риск здоровью учащихся, формируемый условиями пребывания в учреждениях дошкольного и общего среднего образования / Т. Н. Пронина, Ю. Н. Полянская, Н. В. Карпович // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Респ. унитарное предприятие науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С. И. Сычик. — Минск, 2015. — Вып. 25, Т. 1. — С. 159–164.

Поступила 02.10.2023

## КУРЕНИЕ ТАБАКА КАК РАСПРОСТРАНЕННЫЙ ПОВЕДЕНЧЕСКИЙ ФАКТОР РИСКА ХРОНИЧЕСКИХ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У СТУДЕНТОВ

*Дюбкова-Жерносек Т. П., к. м. н., доцент, dziubkova.tanya@gmail.com*

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время четыре поведенческих фактора риска — курение табака и потребление других никотинсодержащих продуктов, нездоровое питание, низкая физическая активность и избыточное употребление алкоголя — вносят наибольший вклад в преждевременную смертность населения, в том числе в трудоспособном возрасте. С ними тесно связаны такие модифицируемые факторы риска хронических неинфекционных заболеваний, как избыточная масса тела и ожирение, артериальная гипертензия, повышенный уровень глюкозы в крови, дислипидемия [1]. Эксперты Всемирной организации здравоохранения утверждают, что в большинстве случаев преждевременная смертность предотвратима. С экономической точки зрения на популяционном уровне эффективной мерой профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, занимающих лидирующее место среди причин смертности, является продвижение здорового образа жизни.

Курение табака — одна из основных причин предотвратимой преждевременной смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, злокачественных новообразований и хронической обструктивной болезни легких (далее — ХОБЛ) [2]. Курение повышает частоту основных коронарных и цереброваскулярных событий, с ним ассоциируется примерно четырехкратное увеличение сердечно-сосудистой смертности. С позиций доказательной медицины установлена связь потребления табака с развитием злокачественных новообразований различной локализации. Так, 85–95 % всех случаев рака легкого у мужчин и до 80 % рака легкого у женщин ассоциируются с курением. Курение табака является основным фактором риска ХОБЛ. Результаты опроса студентов белорусских учреждений высшего образования подтверждают высокую частоту встречаемости у них поведенческих факторов риска неинфекционных заболеваний, прежде всего болезней сердечно-сосудистой системы. Так, Л. В. Кежун и соавт. (2017) при обследовании 96 студентов УО «Гродненский государственный медицинский университет», достигших в среднем 20-летнего возраста, установили, что 20,8 % юношей и девушек курят табак, 24,0 % употребляют алкоголь [3]. По данным А. В. Козловского и соавт. (2008), возраст начала курения варьируется в пределах 12–16 лет у белорусских школьников, в пределах 10–17 лет у учащихся колледжа [4].

Цель работы — на основе анкетного опроса студентов 1–3 курсов университета выявить частоту курения табака, курительный статус, наличие табачной зависимости и оценить их с позиций риска развития хронических неинфекционных заболеваний, ассоциированных с курением.

Для формирования исходной выборки использован случайный бесповторный отбор респондентов, являющихся студентами 1–3 курсов Белорусского государственного университета. Обязательным условием участия в исследовании было их добровольное информированное согласие. Фактический размер выборки составил 464 респондента, что меньше запланированного из-за отсутствия в части случаев отклика (отказ от участия в исследовании, отсутствие на момент опроса). Инструментом исследования была разработанная автором и предварительно апробированная на небольшой выборке анкета. Общая часть анкеты содержала вопросы, характеризующие демографические и антропометрические данные. В специальную часть включали вопросы, отражающие статус курения, а также тест Fagerström. Для оценки степени никотиновой зависимости использовали модифицированную трехуровневую шкалу баллов, изложенную в Российских национальных рекомендациях по кардиоваскулярной профилактике [5]. Рассчитывали индекс курящего человека (ИКЧ = количество выкуриваемых в сутки сигарет, штуки  $\times$  12, т. е. число месяцев в году, в течение которых человек курил). Данная формула является предпочтительной для анализа статуса курения в исследуемой выборке, так как большинство курящих имели непродолжительный стаж курения. Статистическому анализу подлежали 433 единицы наблюдения (выбракровка анкет составила 6,7 %). Верифицированная выборка включала 314 девушек (72,5 %) и 119 юношей (27,5 %). Медиана возраста респондентов — 19,0 лет [18,0; 19,0].

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft, США). Анализ соответствия распределения переменных закону нормального распределения осуществлялся методом построения и визуальной оценки гистограмм, для проверки гипотезы использован критерий Колмогорова — Смирнова. Меры центральной тенденции и рассеяния количественных признаков, не имеющих приблизительно нормального распределения, описаны в виде медианы (далее — Me), верхнего (UQ) и нижнего (LQ) квартилей (далее — Me [Q25; Q75]). При нормальном распределении количественные показатели описаны в виде средних значений и стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ). Относительные величины, характеризующие частоту или структуру явления, представлены в виде процентов. Статистическая значимость различий относительных показателей оценивалась с помощью критерия Пирсона. Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез считали  $p \leq 0,05$ .

Данные опроса свидетельствуют о том, что 20,6 % (89/433) студентов, обучающихся на 1–3 курсах университета по различным специальностям, курят табак. Различий в частоте курения между обучающимися мужского и женского пола не выявлено. В исследуемой выборке 7,6 % (33/433) респондентов отмечают, что курили ранее, но прекратили курение более полугода назад. Учитывая количество студентов, курящих на момент проведения опроса и куривших ранее, но бросивших курить, можно утверждать, что опыт курения табака имеют 28,2 % (122/433) студентов 1–3 курсов университета. Почти половина (48,8 %) курящих студентов в исследуемой выборке являются ежедневными потребителями табака, вне зависимости от наличия курящего социального окружения курят 82,4 % (70/85) респондентов. Подавляющее большинство (91,9 %) студентов выкуривают в день менее десяти сигарет, Me — 5 штук в день [3,0; 7,0]. Возраст начала курения варьируется от 11 до 20 лет, Me составляет 17 лет [15,0; 18,0]. Детальный анализ данного параметра подтверждает тот факт, что 56,2 % (50/89) курящих впервые приобщились к табаку в возрасте 17 лет и старше, который

приходится на период обучения в университете. Более половины респондентов (57,3%) отмечают в анкетах, что основным побудительным стимулом к курению является желание преодолеть стресс, обусловленный чрезмерной учебной нагрузкой и возникающими проблемами с учебой. Юноши и девушки прибегают к табаку как средству мобилизации резервных возможностей организма и способу устранения неприятных переживаний тревоги, беспокойства, пытаясь с его помощью изменить свое внутреннее эмоциональное состояние. Подобный вариант поведения скрывает неудачную модель формирования жизненных навыков, отсутствие опыта преодоления трудностей, неумение конструктивно решать возникающие проблемы. Каждый шестой студент (16,9%) подчеркивает неодолимую тягу к табаку, 12,4% респондентов указывают на наличие курящих друзей как внешнего стимула к курению, часть студентов (13,5%) отмечают различные мотивации (курят на фоне употребления спиртных напитков, для приятного времяпрепровождения, нравится процесс курения и запах табачного дыма, рассматривают курение как способ коммуникации и др.). Характерно, что все студенты, начавшие курить в возрасте до 15 лет, продолжали курение в период обучения в университете. Приобщаясь к табаку, студенты не осознают риск развития никотиновой зависимости и переоценивают собственные возможности при отказе от табака, полагая, что могут самостоятельно при наличии желания в любой момент бросить курить. Классическими признаками формирования никотиновой зависимости являются синдром патологического влечения к табаку, проявляющийся потребностью в систематическом ежедневном курении, постепенное развитие толерантности к никотину с неуклонно возрастающей потребностью в его дозе и синдром отмены при длительном воздержании от курения. Согласно результатам теста Fagerström, одна треть курящих студентов имеет никотиновую зависимость средней степени, у 4,7% потребителей табака на момент исследования выявлена сильная никотиновая зависимость, требующая лечения у специалиста с медицинским образованием. Более чем у половины курящих студентов (62,4%) никотиновая зависимость не сформирована или слабая (низкой степени). Следует заметить, что синдром патологического влечения к табаку формируется в большинстве случаев через несколько лет эпизодического курения. Подтверждением наличия у части студентов никотиновой зависимости средней и высокой степени является тот факт, что 16,9% (15/89) курящих испытывают неодолимую тягу к сигарете, что служит причиной регулярного курения. При длительном воздержании от табака у 62,4% (53/85) юношей и девушек возникает сильное желание закурить, а 7,1% (6/85) респондентов указывают также на другие проявления абстинентного синдрома (дрожь в теле, раздражительность, головная боль, нарушение концентрации внимания). Развитие никотиновой зависимости является серьезным препятствием на пути к отказу от табака. По данным опроса, более половины (54,7%) курящих юношей и девушек хотят бросить курить. Среди курящих респондентов 73,3% (63/86) предпринимали попытки самостоятельно (без помощи специалиста) прекратить курение, из них 36,5% (23/63) делали это неоднократно. Продолжительность периода воздержания от табака варьировала от одного дня до одного года, но 82,5% (52/63) респондентов возобновили курение. У половины студентов причиной возобновления курения стали стрессовые ситуации и проблемы с учебой, 32,7% (17/52) юношей и девушек испытывали неодолимую тягу к сигарете, а у 11,5% (6/52) респондентов провоцирующим фактором послужило курение друзей.

Риск развития болезней сердечно-сосудистой системы, хронической обструктивной болезни легких, рака легкого и других злокачественных новообразований, ассоциированных с табаком, находится в прямо пропорциональной зависимости от количества выкуриваемых в день сигарет и длительности курения. Для оценки курения как фактора риска ХОБЛ у 86 курящих студентов рассчитан индекс курящего человека. Медиана ИКЧ составляет 60 [36; 84], минимальное значение — 12, максимальное — 216. Величина ИКЧ > 160 свидетельствует о риске развития ХОБЛ, в то время как ИКЧ > 240 является подтверждением неизбежности развития ХОБЛ на фоне курения. Учитывая наличие у 37,6% (32/85) курящих признаков никотиновой зависимости по результатам проведенного теста, безуспешность неоднократных самостоятельных попыток отказа от курения, у части из них при продолжении потребления табака следует ожидать в будущем увеличение риска развития как ХОБЛ, так и других неинфекционных заболеваний, ассоциированных с курением.

Таким образом, результаты анкетного опроса студентов 1–3 курсов университета свидетельствуют о том, что 20,6% (89/433) респондентов курят табак. Это один из наиболее распространенных поведенческих факторов риска хронических неинфекционных заболеваний, прежде всего болезней системы кровообращения, онкологической патологии, хронической обструктивной болезни легких, который выявляется уже в молодом возрасте. Стратегия профилактики неинфекционных заболеваний, ассоциированных с курением табака, предусматривает такие приоритетные меры, как формирование мотивации и отказ от табака. Юноши и девушки, прибегающие к курению как способу преодоления стресса, обусловленного чрезмерной учебной нагрузкой и проблемами с учебой, нуждаются

в психологической помощи (тренинги с целью формирования устойчивости к стрессам, обучение техникам мышечной релаксации и дыхательной гимнастики, позволяющим устранить эмоциональное напряжение, и др.). Студентам, страдающим никотиновой зависимостью, необходимы помощь врача-нарколога (лекарственная терапия на фоне формирования мотивации к отказу от табака) и поддержка социального окружения, чтобы повысить шансы на достижение успешного результата. В учреждениях высшего образования необходимо активное продвижение здорового образа жизни: привлечение студентов к участию в спортивно-массовых мероприятиях, популяризация физической культуры и спорта для формирования устойчивой мотивации к ежедневной двигательной активности и отказу от табака, рациональная организация учебного времени и отдыха. Сохраняют актуальность вопросы разработки и внедрения информационно-просветительских программ, прежде всего в контексте профилактики табачной зависимости и трудностей ее лечения, а также программ модификации образа жизни студентов, направленных на редукцию риска хронических неинфекционных заболеваний, связанных с курением табака и другими поведенческими факторами риска, и повышение уровня грамотности в вопросах персонального и общественного здоровья.

## Литература

1. Noncommunicable diseases country profiles 2018 [Electronic resource] / World Health Organization. — Mode of access: <https://www.who.int/publications/i/item/ncd-country-profiles-2018>. — Date of access: 07.09.2023.
2. Драпкина, О. М. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации. Национальное руководство 2022 / О. М. Драпкина [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2022. — Т. 21, № 4. — С. 3235.
3. Встречаемость сердечно-сосудистых и метаболических факторов риска у студентов-медиков / Л. В. Кежун [и др.] // Кардиология в Беларуси. — 2017. — Т. 9, № 2: Артериальная гипертензия и профилактика сердечно-сосудистых заболеваний: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 18–19 мая 2017 г. — С. 194–195.
4. Козловский, А. В. Факторы риска приобщения молодежи к наркотикам / А. В. Козловский, А. Г. Виницкая, Ю. Е. Разводовский // Вопр. организации и информатизации здравоохранения. — 2008. — № 4. — С. 41–45.
5. Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации / Бойцов С. А. [и др.] // Рос. Кардиол. журн. — 2018. — Т. 23, № 6. — С. 7–122.

Поступила 22.09.2023

## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЮНОШЕЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА С РАЗЛИЧНОЙ ТРЕНИРОВАННОСТЬЮ

Мыльникова И. В., д. м. н., доцент, [inna.mylnikova.phd.ms@gmail.com](mailto:inna.mylnikova.phd.ms@gmail.com),

Ефимова Н. В., д. м. н., профессор, [medecolab@inbox.ru](mailto:medecolab@inbox.ru),

Кудаев А. Н., [andrej\\_baikal@mail.ru](mailto:andrej_baikal@mail.ru)

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», г. Ангарск, Россия

Оптимальное функционирование вегетативной (автономной) нервной системы (далее — ВНС) определяет согласованную деятельность различных органов и систем организма, особенно в детском и подростковом возрасте. Дисфункция ВНС занимает ведущее место в патогенезе различных заболеваний. Кроме того, нарушения метаболической, трофической функции ВНС приводят к патологическим перестройкам процессов роста, развития и дифференцировки клеток и тканей различных органов и систем [1]. Избыточная активация симпатического отдела ВНС характерна для ранней стадии гипертонической болезни, усиливается нарушение деятельности органов-мишеней артериальной гипертензии, повышается риск сердечно-сосудистой смертности [2]. Вместе с тем к основным причинам возникновения дисфункции ВНС относят дефицит физической активности. В связи с этим важнейшей составляющей лечения и профилактики дисфункции ВНС считается физическая культура.

Основное предназначение занятий спортом и физической культурой в детском возрасте заключается в сохранении и укреплении здоровья, в том числе снижении академического стресса



у обучающихся в общеобразовательных учреждениях. Известно, что загрязнение атмосферного воздуха является триггером дисфункции вегетативной нервной системы. Изучение качества воздушной среды спортивных залов в закрытых спортивных сооружениях и общеобразовательных организациях, оценка загрязнения атмосферного воздуха позволили выявить ингаляционные риски для здоровья детей промышленного города. При этом значительный долевым вклад в величину индекса опасности здоровью юных хоккеистов вносит формальдегид (58,3%), обучающихся – мелкодисперсные частицы (47,3%) [3]. Поэтому важной профилактической задачей является изучение функционального состояния ВНС юных спортсменов и обучающихся общеобразовательных организаций, подвергающихся ингаляционному воздействию загрязнения воздушной среды как в закрытых помещениях, так и на открытом воздухе.

Цель исследования — дать оценку вегетативной регуляции сердечного ритма в покое и при ортостатическом тестировании у юных спортсменов различных специализаций и юношей, не занимающихся спортом.

В проспективном поперечном исследовании участвовало 174 юношей 11–17 лет (средний возраст  $14,7 \pm 1,2$  года), родившихся и постоянно проживающих в г. Ангарске. Все обследованные распределены на группы: 1-я и 2-я — юные спортсмены, тренирующиеся в спортивных секциях «хоккей с шайбой» и «дзюдо» ( $n = 50$  чел. и  $n = 36$  чел. соответственно), 3-я — юноши, не посещающие спортивных секций ( $n = 95$  чел.). Критерии включения: место рождения — г. Ангарск; рождение в результате срочных родов от 1–2-й неосложненной беременности; перинатальный статус не отягощен неврологической, генетической и другими патологиями. В том числе для школьников-спортсменов: регулярные занятия в ДЮСШОР с продолжительностью от 3 лет и более. Критерии исключения: возраст моложе 11 лет и старше 17 лет; получение дополнительного образования (музыкальный кружок, бальные танцы, художественная школа и т. д.); занятия в тренажерном зале (для юношей контрольной группы); наличие вредных привычек (курение, употребление алкоголя, наркотиков).

Исследования проведены при одобрении Этического комитета ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» (заключение № 1 от 27.01.2022). Получены письменные информированные согласия родителей/опекунов и детей от 14 лет и старше.

Регистрация кардиоритмограммы проведена с помощью компьютерного электрокардиографа «ВНС–Микро» (ООО «Нейрософт», Россия) в утренние часы. Анализ кардиоритмограммы реализован с использованием компьютерной программы «ПолиСпектр» (ООО «НейроСофт», Россия). Измерение и статистическая обработка параметров variability сердечного ритма (далее — ВСР) выполнены с соблюдением требований Европейской ассоциации кардиологии и Северо-Американской ассоциации ритмологии и электрофизиологии. Исследование проводили в состоянии покоя (положение лежа) и в условиях активной ортостатической пробы.

Исследованы показатели спектрального анализа: общая мощность спектра (далее — TP); мощность спектра в диапазоне высоких частот (далее — HF); мощность спектра в диапазоне низких частот (далее — LF); мощность спектра в диапазоне очень низких частот (далее — VLF). Проанализированы показатели кардиоинтервалографии: частота сердечных сокращений (далее — ЧСС); индекс напряжения (далее — ИН) регуляторных систем. Оценка типа вегетативной регуляции (далее — ВР) осуществлена по методике Н. И. Шлык [4].

Результаты исследования обработаны статистически с помощью пакета прикладных программ Statistica 10.0. В связи с отсутствием нормальности распределения (критерий Колмогорова — Смирнова) рассчитаны непараметрические показатели — медиана, интерквартильный размах (далее — Me [Q1–Q3]). Распределение юношей по типам вегетативной регуляции изучено с применением методов описательной статистики частоты изучаемых явлений на 100 обследованных и ошибки частотного показателя ( $P \pm p$ ). Достоверность различий у юношей 1-й, 2-й и 3-й групп между непараметрическими показателями оценивали по критерию Ван дер Вардена, между показателями частоты встречаемости различных типов вегетативной реактивности — по T-test for Independent Samples. Критическая величина значимости с поправкой Бонферрони составила  $p < 0,017$ .

Исходный вегетативный тонус и тип вегетативной регуляции сердечного ритма. Использование классификации Н. И. Шлык позволило распределить обследованных юношей по типам преобладания автономной и центральной регуляции сердечного ритма в состоянии покоя. Установлено, что у всех обследованных юношей преобладал III тип ВР, характеризующийся умеренным преобладанием автономной регуляции сердечного ритма и определяющий оптимальное состояние регуляторных систем организма (1-я группа —  $44 \pm 7\%$ , 2-я группа —  $44,4 \pm 8,3\%$ , 3-я группа —  $51,6 \pm 5,1\%$ ).

Умеренное преобладание центральной регуляции сердечного ритма, снижение активности автономного контура регуляции, умеренное напряжение регуляторных систем организма,

соответствующие I типу ВР, среди юношей 3-й группы ( $24,2 \pm 4,4\%$ ) встречаются в 1,7 раза чаще, чем в 1-й и 2-й группах ( $14 \pm 4,9\%$  и  $13,8 \pm 6,5\%$  соответственно).

Обращает на себя внимание тот факт, что юноши с выраженным преобладанием симпатической регуляции сердечного ритма, резким увеличением активности центральной регуляции над автономной, наблюдающимся при I типе ВР, выявлены только в 1-й группе ( $12,6 \pm 3,4\%$ ). В результате расчета ожидаемого показателя ( $f'$ ) удельный вес юношей со II типом ВР в 1-й и 2-й группах составил  $2 \pm 2\%$  и  $2,7 \pm 2,7\%$  соответственно (в 6,3 и 4,7 раза меньше, чем в 3-й группе).

Выраженное преобладание автономной регуляции сердечного ритма, характерное для IV типа ВР, встречалось у юношей 1-й и 2-й групп ( $42 \pm 6,9\%$  и  $38,9 \pm 8,1\%$  соответственно) по сравнению с 3-й группой ( $11,6 \pm 3,3\%$ ) в 3,6 и 3,3 раза чаще ( $p = 0,000$  и  $p = 0,002$  соответственно).

Вариабельность сердечного ритма в покое и при ортостатическом тестировании у юношей с различными типами ВР. Оценка вариабельности сердечного ритма в покое у юношей с I типом ВР 1, 2, 3-й групп отражает недостаточную активность парасимпатического отдела ВНС, компенсируемую надсегментарной составляющей генерации ритма сердца VLF (в 1-й группе —  $36,5\%$ , во 2-й группе —  $38,7\%$ , в 3-й группе —  $39,5\%$  от ТР) и симпатической активностью ВНС LF (в 1-й группе —  $32,8\%$ , во 2-й группе —  $31,3\%$ , в 3-й группе —  $38,1\%$  от ТР). Кроме того, отмечена мобилизация системы кровообращения (ЧСС: в 1-й группе  $87 [82-91]$  уд/мин, во 2-й группе —  $80 [75-83]$  уд/мин, в 3-й группе —  $82 [74-88]$  уд/мин), изменения ритма сердца (в пределах 8–12 экстрасистол). При выполнении активной ортостатической пробы у юношей 1-й и 3-й групп выявлено возрастание активности центральных структур регуляции сердечного ритма VLF (в 1-й группе —  $46,5\%$ , в 3-й группе —  $47,8\%$  от ТР), выраженная тахикардия (ЧСС: в 1-й группе —  $116 [98-119]$  уд/мин, в 3-й группе —  $105 [97-115]$  уд/мин) и аритмия (до 7 экстрасистол). У юношей 2-й группы зафиксировано увеличение активности симпатического ( $45,2\%$  от ТР) и парасимпатического отдела ВНС (с  $10,7\%$  — в покое до  $18,3\%$  — при ортопробе) на фоне снижения активности центрального контура регуляции ВРС ( $27,9\%$  от ТР).

*Тип ВР* выявлен только у представителей 3-й группы. По сравнению с данными ВСП у юношей данной группы с I, III и IV типами вегетативной регуляции в покое зафиксированы более высокие уровни ЧСС ( $91 [89-96]$  уд/мин), аритмии (3–4 экстрасистолы), очень высокие значения ИН ( $172 [146-210]$  у. е.). Сниженное функциональное состояние автономного и центрального звена вегетативной регуляции подтверждено минимальными значениями спектральных характеристик: ТР —  $172 [146-210]$  мс<sup>2</sup>; HF —  $108 [43-209]$  мс<sup>2</sup>; LF —  $78 [55-129]$  мс<sup>2</sup>; VLF-волн —  $168 [35-217]$  мс<sup>2</sup>. В результате выполнения активной ортостатической пробы установлено увеличение ЧСС на  $26,4\%$  ( $115 [112-125]$  у. е.), учащение нарушений ритма сердца (экстрасистолы — до 14), увеличение показателя общей спектральной мощности ( $723 [379-1676]$  мс<sup>2</sup>) за счет центральных механизмов регуляции VLF ( $522 [270-1105]$  мс<sup>2</sup>). Полученные данные соответствуют парадоксальному типу реакции на ортопробу, выявленному Н. И. Шлык с соавт. [4].

Представляет интерес анализ показателей ВСП у юношей с III типом ВР. Отмечено, что в состоянии покоя у юношей 1-й и 2-й групп ТР в 1,8 и 1,4 раза выше, чем у юношей 3-й группы, и составляет: в 1-й группе —  $5343 [3637-6258]$  мс<sup>2</sup>; во 2-й группе —  $4089 [3185-5082]$  мс<sup>2</sup>; в 3-й группе —  $2989 [1905-4123]$  мс<sup>2</sup>. При этом у обследованных юношей преобладает влияние: в 1-й группе — симпатического ( $37,2\%$  от ТР) и надсегментарного отделов ВНС ( $26,9\%$  от ТР); во 2-й группе — симпатического и парасимпатического отделов ВНС в равной степени ( $38,8\%$  и  $38,2\%$  от ТР соответственно); в 3-й группе — парасимпатического и симпатического отделов ВНС ( $36,7\%$  и  $33,2\%$  от ТР соответственно). Таким образом, у юношей с III типом ВР независимо от степени тренированности выявлено уравновешенное соотношение HF и LF-волн, указывающее на физиологически благоприятное взаимодействие симпатического и парасимпатического отделов ВНС, в том числе центральной составляющей регуляции сердечного ритма. Заслуживают внимания результаты реакции ВНС на ортостатическое тестирование у юношей с III типом ВР. Установлено, что величина показателя ТР у юношей 1-й группы после ортопробы практически не изменилась ( $4956 [3637-6746]$  мс<sup>2</sup>), 2-й группы — уменьшилась в 2,9 раза ( $1371 [861-2148]$  мс<sup>2</sup>), 3-й группы — уменьшилась в 2,7 раза ( $1103 [715-2140]$  мс<sup>2</sup>). Оптимальная реакция на активную ортостатическую нагрузку, заключающаяся в преобладании влияния симпатического отдела ВНС, выявлена у юношей 1-й группы — вклад LF в общую мощность спектра составил  $50,1\%$ . У юношей 2-й группы регуляция сердечного ритма при ортостатической нагрузке осуществлялась симпатическим (LF —  $47\%$ ) и надсегментарным (VLF —  $45,4\%$ ) отделами ВНС. У нетренированных юношей 3-й группы при выполнении активной ортостатической пробы преобладал вклад VLF составляющей спектра (VLF —  $57,8\%$ ). Симпатический отдел принимал меньшее участие в регуляции сердечного ритма, его вклад составил  $40\%$ . Установленный факт свидетельствует о недостаточных функциональных возможностях симпатической системы. Кроме того, ортостатическая нагрузка сопровождалась увеличением ЧСС по сравнению с состоянием покоя у юно-

шей 1-й группы на 37,7%, 2-й группы — на 47,9%, 3-й группы — на 43%. Вместе с тем ИН у юношей 1-й группы после ортостатической нагрузки практически не изменился и составил 69,6 [52,3–82,1] у. е., у юношей 2-й и 3-й групп увеличился в 2,4 (93 [68–105] у. е.) и 1,8 раза (78 [57,3–121] у. е.).

Общая мощность спектра у юношей с IV типом ВР в состоянии покоя достигала высоких значений в 1-й группе — 14644 [10811–18445] мс<sup>2</sup>; во 2-й группе — 10853 [8464–12585] мс<sup>2</sup>; в 3-й группе — 9878 [9336–13055] мс<sup>2</sup>. Оценка распределения составляющих общей мощности выявила преобладание активности: в 1-й группе — надсегментарного отдела ВНС (35,5% от ТР) и симпатического (34,8% от ТР); во 2-й и 3-й группах — парасимпатического отделов ВНС в равной степени (37% и 49,7% от ТР соответственно). Среди обследованных юношей с IV типом ВР преобладали лица с бради- и нормокардией. Так, ЧСС в 1-й группе составила 65 [60–71] уд/мин; во 2-й группе — 71 [64–76] уд/мин; в 3-й группе — 66 [60–72] уд/мин. В состоянии покоя значения ИН были низкими: в 1-й группе — 21,3 [17,7–24,9] у. е.; во 2-й группе — 24 [21,6–23,6] у. е.; в 3-й группе — 26 [23,9–24,8] у. е. Выполнение пробы с ортостатической нагрузкой сопровождалось уменьшением ТР в 1-й группе в 2,3 раза (6409 [4498–9212] мс<sup>2</sup>); во 2-й группе — в 3,6 раза (3025 [1337–8152] мс<sup>2</sup>); в 3-й группе ТР уменьшилась в 3 раза (3251 [2271–3889] мс<sup>2</sup>). Реакция ВНС на ортостатическую нагрузку сопровождалась у юношей 1-й и 2-й групп повышением активности симпатического отдела ВНС (до 50,5% и 49,1% от ТР соответственно), в 3-й группе — надсегментарного отдела ВНС (44,9%). Кроме того, отмечено учащение ЧСС (в 1-й группе — на 39,4%, во 2-й группе — на 39,4%, в 3-й группе — на 40,9%), нарушения ритма сердца (до 6 экстрасистол), увеличение ИН (в 1-й группе — в 2,3 раза, во 2-й группе — в 3,1 раза, в 3-й группе — в 2,5 раза). В единичных случаях у юношей с IV типом ВР выявлены низкие значения ИН (< 10) и превышение показателя мощности ТР более 20000 мс<sup>2</sup>, что может быть обусловлено особенностями дисрегуляции пейсмекерной активности синоатриального узла и свидетельствует о необходимости немедленной консультации кардиолога. В связи с отсутствием мониторинговых данных о состоянии обследованных юношей с момента начала занятий в спортивных секциях связать наблюдаемые негативные изменения функционального состояния организма с физической нагрузкой не представляется возможным.

Анализ индивидуальных данных ВСР выявил у обследованных юношей признаки риска развития «внезапной смерти» (стандартное отклонение нормальных интервалов RR (SDNN) < 50 мс). Обращает внимание, что данный признак у юношей 1-й и 2-й групп выявлен только при ВР I типа (85,7 ± 13,2% и 100% соответственно). Тогда как среди нетренированных юношей 3-й группы показатель SDNN ниже критического значения у 86,9 ± 7% лиц с I типом ВР и 34,7 ± 6,8% лиц с III типом ВР.

Проведенное исследование показало, что у юношей различных спортивных специализаций чаще встречается оптимальное состояние регуляторных систем и преобладание автономной регуляции, типичное для спортсменов. В то время как варианты ВР, проявляющиеся напряжением в работе регулирующих систем и активацией более высоких уровней управления сердечным ритмом, более распространены среди нетренированных юношей.

Исследование реакций ВНС на ортостатическую нагрузку у спортсменов различных специализаций и нетренированных юношей свидетельствует о том, что оптимальные адаптивные возможности в покое не обеспечивают компенсированной реакции организма на поддержание вертикальной позы человека. Оценка показателей ВСР у юношей 1-й группы выявила оптимальное функциональное состояние как в покое, так и в ортостазе при III и IV типах ВР. Обращает внимание недостаточная функциональная активность симпатического отдела ВНС у юношей 2-й и 3-й групп в ортостазе. Значительный вклад в вегетативную регуляцию у юношей-дзюдоистов вносит надсегментарный отдел ВНС. Ослабление автономного контура подтверждается отсутствием компенсаторного влияния парасимпатического отдела ВНС в ортостазе. О функциональном напряжении у юношей 2-й и 3-й групп свидетельствуют значительный прирост ЧСС и выраженное увеличение ИН.

Среди юношей, не занимающихся спортом, чаще встречаются лица с функциональным напряжением ВР сердечного ритма и преобладанием центральной регуляции над автономной (I и II типы ВР). Заслуживают внимания, возможно дополнительного медицинского обследования, корректировки спортивных нагрузок или изменения спортивной специализации, юноши 1-й и 2-й групп с I типом ВР. Об этом свидетельствуют значительный вклад в регуляцию сердечного ритма надсегментарного отдела ВНС, выраженная тахикардия и экстрасистолия.

На основании изложенного вызывают интерес данные Демина Д. Б., Поскотиновой Л. В. [5] об инструментальной терапии, основанной на методе биологической обратной связи (далее — БОС). У участников БОС-тренинга наблюдались повышение общей мощности спектра, усиление парасимпатических влияний на ритм сердца, значительное снижение ИН (от 135,5 до 86 у. е.). Поэтому одним из вариантов медицинской реабилитации для юношей с I и II типами ВР, независимо от степени тренированности, может быть рекомендован БОС-тренинг.

Для оценки неблагоприятного влияния загрязнения атмосферного воздуха и воздушной среды спортивных помещений на функциональное состояние ВНС полученные данные неоднозначны. Юноши-спортсмены с I типом ВР, возможно, представляют контингент с реализованным риском ингаляционного воздействия. С другой стороны, отсутствуют данные ВСП у юношей с указанным типом ВР до начала спортивной деятельности. Важным моментом является правильно подобранный вид спортивной специализации, который повышает не только тренированность организма, но и функциональные способности важнейших регуляторных систем организма и, возможно, нейтрализует неблагоприятное влияние поллютантов.

В заключение важно отметить, что разнообразие реакций ВНС у тренированных и нетренированных юношей с различными типами ВР подтверждает необходимость индивидуального подхода к оценке показателей variability сердечного ритма.

## Литература

1. Конради, А. О. Вегетативная нервная система при артериальной гипертензии и сердечной недостаточности: современное понимание патофизиологической роли и новые подходы к лечению / А. О. Конради // Рос. Кардиол. журн. — 2013. — № 4 (102). — С. 52–63.

2. Arterial hypertension in children / M. Santi [et al.] // Curr. Opin. Cardiol. — 2015. — Vol. 30, № 4. — С. 403–410.

3. Мыльникова, И. В. Оценка риска, связанного с химическим загрязнением воздушной среды спортивных сооружений, для здоровья детей / И. В. Мыльникова, Н. В. Ефимова, А. Н. Кудяев // Гигиена и санитария. — 2022. — Т. 101, № 9. — С. 1086–1092.

4. Шлык, Н. И. Брадикардия и variability сердечного ритма у спортсменов / Н. И. Шлык, Е. А. Гаврилова // Человек. Спорт. Медицина. — 2023. — Т. 23, № S1. — С. 59–69.

5. Демин, Б. Н. Изменение спектральных характеристик электроэнцефалограммы в процессе биоуправления параметрами variability сердечного ритма у здоровых / Б. Н. Демин, Л. В. Покотинова // Журн. неврологии и психиатрии. — 2017. — № 3. — С. 65–68.

Поступила 20.09.2023

## СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ДОШКОЛЬНИКОВ ГОРОДА МИНСКА И РАЙОННЫХ ЦЕНТРОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Полянская Ю. Н., [otdelgdp@mail.ru](mailto:otdelgdp@mail.ru),  
Карпович Н. В., [karpovich-nv@mail.ru](mailto:karpovich-nv@mail.ru),  
Грекова Н. А., [deti@rspch.by](mailto:deti@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Дошкольный возраст является периодом интенсивного роста и развития, характеризуется высокой чувствительностью организма к воздействию окружающей среды, как природной, так и социальной. Организм ребенка реагирует на внешние воздействия сильной активацией многих физиологических систем, что внешне проявляется в быстром утомлении при физических и умственных нагрузках. Сниженный исходный уровень здоровья дошкольников, приступающих к систематическому обучению в школе, существенно снижает адаптационные возможности и успешность в школе. Проводимый мониторинг состояния здоровья детей всё чаще свидетельствует о сохраняющейся тенденции увеличения числа детей старшего дошкольного возраста с различными отклонениями в состоянии здоровья, отставанием в физическом развитии. Такие дети с большими психофизиологическими тратами преодолевают трудности в освоении знаний и умений. Низкий потенциал здоровья и нерационально организованный режим дня дошкольников могут быть предикторами в структуре причин нарушений познавательного развития и поведения ребенка [1–3].

Выполнена сравнительная оценка состояния здоровья воспитанников дошкольных учреждений при поступлении в учреждения образования и через три-четыре года посещения. Проведена выкопировка данных из медицинских справок о состоянии здоровья — форма 1 здр/у-10 «Медицинская справка о состоянии здоровья». Изучено состояние здоровья 734 детей в динамике (372 мальчика и 362 девочки), в том числе 509 воспитанников шести детских садов районных городов и 225 воспитанников учреждений дошкольного образования города Минска.

При изучении здоровья детей установлено, что при поступлении в детский сад 35,7% были абсолютно здоровы. Чуть больше половины (56,8%) имели функциональные нарушения органов и систем, 6,0% детей были с хронической патологией и 1,5% — с инвалидностью. Гендерных различий в распределении по группам здоровья не выявлено. Распределение воспитанников по группам здоровья на момент первого и второго обследования представлено в таблице 1.

Таблица 1 — Распределение воспитанников учреждений дошкольного образования по группам здоровья в динамике, %

Обследование	Пол	Количество детей	Группа здоровья			
			I группа	II группа	III группа	IV группа
I	м	372	33,9	58,8	6,2	1,1
	ж	362	37,6	54,7	5,8	1,9
	Всего	734	35,7	56,8	6,0	1,5
II	м	372	17,7*	71,2*	10,0	1,1
	ж	362	20,7*	68,5*	8,9	1,9
	Всего	734	19,2*	69,9*	9,4**	1,5

\* достоверность различий с аналогичными показателями среди воспитанников при I обследовании, при  $p < 0,001$ ;  
 \*\* достоверность различий с аналогичными показателями среди воспитанников при I обследовании, при  $p < 0,05$ .

При изучении состояния здоровья воспитанников спустя три-четыре года после поступления в детский сад установлено, что уменьшается наполняемость первой группы здоровья и увеличивается количество детей с функциональными отклонениями и хроническими заболеваниями. Так, спустя три-четыре года после поступления в детский сад количество здоровых детей снижается с 35,7% до 19,2% ( $p < 0,001$ ), причем среди мальчиков наблюдается снижение с 37,6% до 17,7% ( $p < 0,001$ ) и среди девочек — с 35,7% до 20,7% ( $p < 0,001$ ). В динамике наблюдения за здоровьем воспитанников достоверно ( $p < 0,001$ ) увеличивается наполняемость второй группы здоровья до 69,9% (до 71,2% среди мальчиков и до 68,5% среди девочек).

Нами изучено распределение по группам здоровья воспитанников детских садов районных городов и воспитанников учреждений дошкольного образования города Минска. Наблюдаются схожие тенденции в состоянии здоровья детей в возрасте трех лет. В районных городах чуть больше половины детей (56,2%) в детский сад приходят с функциональными нарушениями в анамнезе, 36,9% абсолютно здоровы и 5,1% с хронической патологией. В средней и старшей группах детского сада количество детей с функциональными нарушениями увеличивается до 67,4% ( $p < 0,001$ ), наполняемость первой группы здоровья снижается до 23,2% ( $p < 0,001$ ), а численность третьей группы меняется незначительно (7,6%) (таблица 2).

Таблица 2 — Распределение воспитанников учреждений дошкольного образования районных городов по группам здоровья, %

Обследование	Пол	Количество детей	Группа здоровья			
			I группа	II группа	III группа	IV группа
I	м	262	35,9	58,0	5,0	1,1
	ж	247	38,1	54,2	5,3	2,4
	Всего	509	36,9	56,2	5,1	1,8
II	м	262	21,0***	69,9**	8,0	1,1
	ж	247	25,5**	64,8*	7,3	2,4
	Всего	509	23,2***	67,4***	7,6	1,8

\* достоверность различий с аналогичными показателями среди воспитанников при I обследовании, при  $p < 0,05$ ;  
 \*\* достоверность различий с аналогичными показателями среди воспитанников при I обследовании, при  $p < 0,01$ ;  
 \*\*\* достоверность различий с аналогичными показателями среди воспитанников при I обследовании, при  $p < 0,001$ .

По результатам оценки здоровья детей учреждений дошкольного образования города Минска нами отмечено следующее. Каждый третий ребенок (32,9%) приходит в детский сад абсолютно здоровым, 58,2% детей имеют вторую группу здоровья, 8,0% — третью группу здоровья (таблица 3).

Таблица 3 — Распределение воспитанников учреждений дошкольного образования города Минска по группам здоровья, %

Обследование	Пол	Количество детей	Группа здоровья			
			I группа	II группа	III группа	IV группа
I	м	110	29,1	60,9	9,1	0,9
	ж	115	36,5	55,6	7,0	0,9
	Всего	225	32,9	58,2	8,0	0,9
II	м	110	10,0**	74,5*	14,6	0,9
	ж	115	10,4**	76,5**	12,2	0,9
	Всего	225	10,2**	75,6**	13,3	0,9

\* достоверность различий с аналогичными показателями среди воспитанников при I обследовании, при  $p < 0,05$ ;  
 \*\* достоверность различий с аналогичными показателями среди воспитанников при I обследовании, при  $p < 0,001$ .

К окончанию детского сада лишь у каждого десятого ребенка (10,2%) в медицинской справке написано «здоров», три четверти детей (75,6%) имеют функциональные отклонения в состоянии здоровья и 13,3% — хроническую патологию органов и систем.

При сравнительном анализе состояния здоровья детей из районных городов и города Минска отмечены некоторые особенности в распределении по группам здоровья через три-четыре года посещения дошкольных учреждений. Результаты сравнения представлены в таблице 4.

Таблица 4 — Динамика распределения воспитанников учреждений дошкольного образования районных городов и города Минска по группам здоровья, %

УДО	Обследование	Группа здоровья			
		I группа	II группа	III группа	IV группа
Районные города	I	36,9	56,2	5,1	1,8
	II	23,2	67,4	7,6	1,8
Город Минск	I	32,9	58,2	8,0	0,9
	II	10,2**	75,6*	13,3*	0,9

\* достоверность различий с аналогичными показателями среди воспитанников районных городов, при  $p < 0,05$ ;  
 \*\* достоверность различий с аналогичными показателями среди воспитанников районных городов, при  $p < 0,001$ .

Следует отметить, что распределение по группам здоровья при поступлении в дошкольные учреждения в районных городах и в городе Минске не отличается. Этот факт может свидетельствовать об одинаковом уровне оказания медицинской помощи как в районных городах, так и в городе Минске. При сравнительном анализе распределения воспитанников по группам здоровья через три-четыре года посещения дошкольных учреждений установлены следующие различия: при повторном обследовании абсолютно здоровыми остаются 23,2% детей в детских садах районных городов и только 10,2% воспитанников учреждений образования города Минска ( $p < 0,001$ ); наполняемость второй группы здоровья в детских садах района составляет 67,4%, в учреждениях Минска — 75,6% ( $p < 0,05$ ); с хронической патологией органов и систем в районных детских садах стало 7,6% детей, в столичных детских дошкольных учреждениях — 13,3% ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, на основании проведенных нами исследований установлено, что с возрастом уменьшается количество здоровых детей; выявлены региональные различия в состоянии здоровья детей районных городов и столицы Республики Беларусь. Можно предположить, что на формирование здоровья детей города Минска оказывают влияние факторы, которые характерны для мегаполиса: экологическая обстановка, ритм жизни большого города, режим дня семьи и др.

## Литература

1. Сугрובה, Г. А. Состояние здоровья и некоторые показатели режима дня детей предшкольного возраста как предикторы готовности к школьному обучению / Г. А. Сугрובה, Ю. Н. Комкова // Гигиена и санитария. — 2021. — Т. 100, № 4. — С. 380–386.
2. Антонова, А. А. Состояние здоровья и физического развития детей дошкольного возраста / А. А. Антонова, Т. А. Хуторская // Междунар. науч.-исслед. журн. — 2020. — № 11 (101). — С. 10–13.

3. Карпович, Н. В. Гигиеническая диагностика факторов образовательной среды и состояние здоровья детей / Н. В. Карпович, Т. Н. Пронина // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Респ. унитарное предприятие науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С. И. Сычик. — Минск, 2014. — Вып. 24, Т. 2. — С. 90–93.

Поступила 02.10.2023

## УПОТРЕБЛЕНИЕ БЕЗДЫМНОГО ТАБАКА ПОДРОСТКАМИ БЕЛАРУСИ

*Пронина Т. Н., к. м. н., pro\_tanya@mail.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Бездымный табак в настоящее время не новшество, скорее пережитая временем с внесением изменений продукция для удовлетворения пагубной никотиновой зависимости (1), а для современных подростков еще и способ попробовать нечто новое. Причиной этого процесса является, с одной стороны, реакция на растущую осведомленность о вреде табачного дыма для здоровья курильщика, с другой — жесткие законы, регламентирующие запрет на курение в общественных местах. И это, в свою очередь, способствует распространению бездымных табачных изделий, процесс потребления которых не связан с образованием дыма. Бездымные табачные изделия употребляются с ароматизаторами и другими ингредиентами, чтобы замаскировать горечь, улучшить вкус и усилить усвоение никотина (2).

Содержащийся в бездымных табачных изделиях никотин является компонентом, обуславливающим их аддиктивность. Помимо табака бездымные табачные изделия также включают такие компоненты, как щелочные соединения (например, гашеная известь, мел, бикарбонат натрия, карбонат натрия, щелочная зола), орех катеху, боб тонка, камфора и другие растительные составляющие, содержащие токсины и канцерогены, оказывающие дополнительное влияние на здоровье (3).

НекуриТЕЛЬные табачные изделия, или бездымный табак, — это табачная продукция, потребление которой происходит без возгорания — путем рассасывания в полости рта, жевания или вдыхания. В современном мире насчитывают огромное количество видов бездымных табачных изделий, они делятся по группам употребления: предназначенные для жевания (жевательный табак, индийские панмасала, зарда), нюхания (сухой снафф) и сосания (влажный снафф, снюс, насвай, индийская табачная паста). Наиболее популярными среди современных подростков Беларуси оказываются жевательный табак, снюс и насвай.

Бездымные табачные изделия являются неоднородной группой продуктов, которые значительно отличаются друг от друга по внешнему виду и составу, потребляются в различных районах мира и включают в себя как табачные, так и нетабачные компоненты. Неоднородность бездымных табачных изделий также характерна для их производства, которое включает в себя промышленную и ручную обработку, что приводит к появлению изделий, обладающих весьма различными уровнями токсичности и наличием канцерогенных составляющих. Этим объясняется разброс в степени риска для здоровья, связанного с потреблением различных изделий. Если смотреть с точки зрения их производства, бездымные табачные изделия можно обобщенно разделить на готовые табачные изделия и изделия индивидуального исполнения. Так, бездымные табачные изделия, произведенные фабричным способом, делаются на продажу в фабричных условиях и изготавливаются в закрытой упаковке. К ним относятся: влажный жевательный табак, табачный плаг, пенный жевательный табак, растворимые виды табака, сухой нюхательный табак, гуль, табачный лист, красный зубной порошок, снюс, чимо, гутха, каини, гудаку, зарда, квивам. К кустарным бездымным табачным изделиям обычно относятся изделия ручного изготовления, произведенные в нетрадиционной производственной обстановке (например, рыночные прилавки, магазины и т. д.) и предназначенные на продажу, часто расфасовываются в некоммерческую упаковку и не маркируются — например, дохра, туибур, насвай, наас/насвар, шамма, бетель квид, тумбак (3).

Информация о распространенности потребления бездымного табака получена при помощи международного механизма сбора данных — Глобального обследования потребления табака среди молодежи (Global Youth Tobacco Survey — GYTS). Полевые исследования выполнены в 2020–2021 гг. в 39 школах Беларуси. Количество опрошенных учащихся 7–10 классов составило 3485 человек, из них 1726 мальчиков и 1737 девочек; уровень отклика 81,2%.

Таблица 1 — Распространенность потребления БТ среди учащихся по возрасту, классу и полу, GYTS Беларусь, 2021 г.

Показатель	Пол		Класс							Возраст			
	всего	мальчики	девочки	7	8	9	10	12	13	14	15	16	
Процент (95% ДИ)													
Когда-либо употребляли бездымные табачные изделия	5,3 (4,3-6,6)	6,1 (4,7-7,9)	4,4* (3,3-5,9)	3,7 (2,8-4,8)	4,9 (3,3-7,3)	7,2+ (4,9-10,3)	5,6 (3,4-8,9)	3,5 (2,0-6,0)	3,6 (2,5-5,2)	6,0↑ (4,4-8,1)	7,4↑↑ (5,4-10,0)	6,1 (2,8-12,7)	
В настоящее время употребляют бездымные табачные изделия	1,6 (1,1-2,2)	1,4 (0,9-2,2)	1,6 (1,0-2,5)	1,0 (0,6-1,8)	1,2 (0,6-2,2)	2,1+ (1,1-3,8)	2,3 (1,2-4,2)	1,0 (0,5-2,2)	1,3 (0,7-2,4)	1,1 (0,6-2,0)	2,8↑ (1,7-4,8)	1,6 (0,5-5,4)	
Одновременно употребляют табачные продукты и бездымные табачные изделия	0,7 (0,4-1,3)	0,5 (0,2-1,0)	0,9 (0,5-1,6)	0,4 (0,1-1,0)	0,3 (0,1-1,3)	1,1 (0,5-2,3)	1,4 (0,7-3,1)	0,3 (0,1-1,5)	0,3 (0,1-1,1)	0,6 (0,2-1,6)	1,5↑ (0,9-2,5)	1,2 (0,3-4,9)	
Количество опрошенных	3,485	1,726	1,737	1,127	858	956	539	590	966	956	755	216	

\* достоверные различия по гендерному признаку, при  $p < 0,05$ ;

+ достоверные различия по классу, при  $p < 0,001$ ;

↑ достоверные различия по возрасту, при  $p < 0,05$ ;

↑↑ достоверные различия по возрасту, при  $p < 0,01$ .



Весовой коэффициент был применен к записи каждого учащегося для корректировки вероятности отбора, отсутствия ответа и корректировки после стратификации в соответствии с показателями по населению. Пакет программного обеспечения SUDAAN для статистического анализа сложных данных обследования был использован для расчета взвешенных оценок распространенности и стандартных ошибок (SE) оценок (95%-й доверительный интервал (далее — 95% ДИ) был рассчитан из SE). Были разработаны частотные таблицы для вопросов обследования, которые считаются ключевыми показателями борьбы против табака GYTS.

Уровень потребления бездымных табачных изделий (далее — БТ) среди учащихся 7–10 классов (в возрасте 12–16 лет) в настоящее время составляет 1,6% без значимых различий по гендерному признаку (таблица 1). Число детей и подростков (12–16 лет), когда-либо употреблявших БТ, составляет 5,6% со значимыми различиями по полу и возрасту: уровень потребления БТ мальчиками — 6,1%, девочками — 4,4%, при  $p < 0,05$ .

Обращает на себя внимание закономерность увеличения числа потребителей БТ с возрастом и классом обучения в школе. Критической отметкой является 9 класс обучения в школе, подростковый возраст 15 лет. Число вовлеченных учащихся 9-х классов в 2 раза больше, чем 7-классников, при  $p < 0,001$ . Число вовлеченных подростков 15 лет в 2 раза больше, чем 12-летних, при  $p < 0,01$ .

Особую настороженность вызывает доля учащихся, одновременно употребляющих курительные и некурительные табачные продукты. Несмотря на малочисленность данной группы (0,7%), наблюдается тенденция увеличения ее числа с возрастом и классом обучения в школе (1,4% среди учащихся 10-х классов против 0,4% среди учащихся 8-х классов; 1,5% 15-летних против 0,3% 12-летних, при  $p < 0,05$ ). Двойственная форма потребления сигарет и бездымного табака может не только укрепить никотиновую зависимость, но и отсрочить прекращение потребления табака.

Результаты проведенных исследований акцентируют внимание на новых вызовах и обозначают актуальную проблему для общественного здравоохранения. Это диктует необходимость разработки национальной стратегии предупреждения потребления бездымного табака, так как большинство национальных рекомендаций направлены на курильщиков. Подготовка кампаний по повышению информированности детей и подростков в отношении вредных последствий бездымного табака, укрепление потенциала специалистов профилактического профиля в части получения знаний по вопросу восприимчивости молодежи к БТ, получение своевременных данных путем международных опросов — все эти аспекты являются актуальными и нуждаются в укреплении.

## Литература

1. Галимова, А. Г. Бездымный табак. Из прошлого в настоящее (социолого-юридический аспект) / А. Г. Галимова, Д. В. Богомолова // Евразийский Союз Ученых. — 2020. — № 7 (76). — С. 4–9.
2. Богатырева, М. М. Химический и микробиологический состав насвая / М. М. Богатырева, Б. А. Какеев // The scientific heritage. — 2021. — № 80. — С. 41–44.
3. Борьба с бездымными табачными изделиями и предупреждение их употребления [Электронный ресурс]: Доклад Секретариата Конвенции 2012 г. — Режим доступа: [https://apps.who.int/gb/fctc/PDF/cop5/FCTC\\_COP5\\_12-ru.pdf](https://apps.who.int/gb/fctc/PDF/cop5/FCTC_COP5_12-ru.pdf). — Дата доступа: 11.09.2023.

Поступила 08.09.2023

## ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ДЕТЕЙ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ

Храмцов П. И., д. м. н., профессор, [pikhrantsov@gmail.com](mailto:pikhrantsov@gmail.com),  
Березина Н. О., к. м. н., [nadberezina@mail.ru](mailto:nadberezina@mail.ru),  
Антонова Е. В., д. м. н., [antonova@nczd.ru](mailto:antonova@nczd.ru)

Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

Поиск и научное обоснование профилактических ресурсов и технологий формирования здоровья являются одним из приоритетных направлений гигиены и охраны здоровья детей и подростков. В структуре факторов и условий здоровьесбережения традиционно ведущее место занимает

двигательная активность (далее — ДА) в связи с ее развивающими, профилактическими и оздоровительными системными эффектами, реализуемыми посредством стимулирующего, модулирующего и оптимизирующего влияния на процессы роста и развития детского организма.

Систематизация основных направлений научных исследований гигиенического обоснования ресурсов здоровьесбережения ДА позволяет выделить следующие из них: ДА и здоровье, ДА и физическое развитие, ДА и психомоторное развитие, ДА и когнитивное развитие, ДА и функциональные возможности организма, ДА и развитие физических качеств, ДА и психоэмоциональный статус.

Все указанные направления на сегодняшний день остаются актуальными, особенно исследования гигиенических проблем психомоторного развития и функциональной готовности детей к обучению в школе, в частности, исследования по оценке влияния различных факторов на развитие мелкой моторики старших дошкольников и младших школьников в современных условиях их жизнедеятельности, характеризующихся широким внедрением цифровых средств обучения и досуга и существенным снижением объема ДА. Цифровая трансформация образования и общества в целом способствует не только развитию когнитивных функций и формированию социального интеллекта, но может оказывать неблагоприятное влияние на здоровье детского населения страны [1].

В связи с этим исследование профилактической значимости ДА и физической подготовленности детей на начальном этапе систематического обучения в школе в условиях цифровой трансформации общества является весьма актуальной проблемой, решение которой необходимо не только для обеспечения условий успешной адаптации к образовательному процессу и освоению образовательной программы, но и для профилактики школьно-обусловленных заболеваний, сохранения и укрепления здоровья младших школьников.

Гигиеническая оценка условий развития школьно-значимых функций, в том числе анализ влияния использования гаджетов на мелкую моторику, зрительно-моторную координацию на фоне сниженной ДА; позволит научно обосновать условия и технологии подготовки к обучению детей в школе с минимизацией рисков для их здоровья.

Таким образом, среди перечисленных направлений исследований проблема разработки научных и прикладных аспектов влияния ДА на психомоторное развитие, включающее формирование функциональной готовности детей на этапе подготовки к началу систематического обучения в школе, требует своевременного решения.

Концепция исследования состояла в том, что ДА и физическая подготовленность, способствуя развитию общей моторной координации, создают условия для развития мелкой моторики и зрительно-моторной координации, что является необходимым условием для формирования школьно-значимых функций и функциональной готовности к обучению в целом.

Исходя из концепции, цель исследования состояла в установлении связей между показателями функциональной готовности детей к обучению в школе и их физической подготовленностью на начальном этапе систематического обучения.

Исследование проведено в начале 2022/2023 учебного года с участием 117 первоклассников МАОУ «Земская гимназия» г. о. Балашиха Московской области.

Критериями включения детей в исследование явились возраст 7–8 лет и отсутствие жалоб на самочувствие, критериями невключения — возраст младше 7 лет и старше 8 лет и наличие жалоб на самочувствие. От родителей детей, участвующих в исследовании, получено письменное информированное согласие.

На 1-м этапе проведены исследования по оценке показателей психомоторного развития, в частности, мелкой моторики и показателей общей моторной координации. Для оценки психомоторного развития детей использована методика «Домик» в авторской модификации, позволившей выявить группы детей с отставанием в развитии мелкой моторики, сниженным уровнем ее развития и уровнем, соответствующим возрастной норме [2].

Для оценки координации крупной моторики проводился тест на оценку поструральной устойчивости (тест «Аист» — стоя на одной ноге, стопа одной ноги касается колена другой ноги, руки вытянуты вперед, глаза закрыты) с определением среднего, ниже среднего и выше среднего уровней статического равновесия.

Результаты исследования позволили установить, что у мальчиков по сравнению с девочками чаще отмечалось отставание в развитии мелкой моторики. Таких детей было, соответственно, 32,8 % (ДИ 14,8–49,4) и 8,5 % (ДИ –2,4–16,7). Показатели мелкой моторики, соответствующие возрастной норме, определялись у 8,6 % (ДИ –2,4–16,7) мальчиков и у 27,1 % (ДИ 8,1–44,0) девочек.

При сравнительном анализе по полу уровня статического равновесия выявлено, что уровень ниже среднего в 2 раза чаще отмечался у мальчиков — 65,1 % (ДИ 48,3–74,8), чем у девочек — 31,3 % (ДИ 14,8–49,4).

Таким образом, отставание в развитии мелкой моторики у мальчиков сопровождалось более низким уровнем развития общей моторной координации по показателю статического равновесия. И наоборот, более высокие координационные способности девочек характеризовались более частым выявлением соответствующего возрастной норме уровня развития мелкой моторики.

Проведенный корреляционный анализ взаимосвязи показателей мелкой моторики и статического равновесия позволил установить, что между исследуемыми показателями имеется достоверная связь — значение коэффициента корреляции составило  $r = 0,231$  ( $p = 0,015$ ).

Полученные данные дают основание предположить существование значимой связи между другими показателями физической подготовленности и степенью функциональной готовности к обучению в школе.

В соответствии с этим проведена 2-я серия исследований с использованием нескольких тестов для оценки физической подготовленности у детей с разной степенью их функциональной готовности к обучению. Целью исследования данного этапа явилось установление связей между показателями функциональной готовности детей к обучению в школе и результатами тестирования физической подготовленности координационной направленности. В исследовании приняли участие 127 первоклассников. Критерии включения и невключения были теми же, что и на 1-м этапе.

Функциональная готовность оценивалась в соответствии с общепринятым тестом Керна — Йи-расека [3]. При этом суммарный балл включал оценку в баллах показателя мелкой моторики и зрительно-моторной координации по результатам срисовывания фразы, пространственного восприятия — по точности срисовывания расположения точек и интеллектуального развития — по качеству рисунка человека (мужчины). На основании оценки суммарного балла выделены 4 группы детей: 1-я группа — зрелые (функционально готовые к обучению), 2-я группа — зреющие с благоприятным прогнозом, 3-я группа — незрелые (функционально не готовые к обучению) и 4-я группа — зреющие с неясным прогнозом.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что количество зрелых детей составило 24,1 %, зреющих с благоприятным прогнозом — 46,4 %, зреющих с неясным прогнозом — 21,5 % и незрелых — 8,0 %. Группу риска составляют незрелые, функционально не готовые к обучению дети и дети, зреющие с неясным прогнозом, которые в сумме составляют 29,5 %, т. е. практически каждый третий ребенок.

В дальнейшем дети группы риска были объединены в одну группу.

Учитывая выявленную на 1-м этапе связь мелкой моторики с показателем статического равновесия, для оценки физической подготовленности выбирались тесты координационной направленности, такие как челночный бег, прыжок в длину с места, статокинетическая устойчивость и статическое равновесие. Оценка результатов тестирования сравнивалась с нормативными значениями, и определялось 3 уровня физической подготовленности: ниже среднего, средний и выше среднего.

Результаты выполнения теста «Челночный бег» ( $3 \times 10$  м) свидетельствуют о том, что по сравнению со зрелыми детьми (1-я группа), среди которых уровень ниже среднего отмечался только у 11,1 % (ДИ  $-0,7-23,0$ ), у детей, зреющих с благоприятным прогнозом (2-я группа), такой уровень встречался почти в 3 раза чаще — у 30,8 % (ДИ  $18,2-43,3$ ), а у незрелых детей (3-я группа) и зреющих с неясным прогнозом (4-я группа) — почти в 8 раз чаще — у 86,7 % (ДИ  $50,6-92,2$ ). Средний уровень чаще встречался у детей 1-й группы — 70,4 % (ДИ  $53,1-87,6$ ), чем у детей 3-й группы — у 33,3 % (ДИ  $17,2-49,4$ ). Частота встречаемости уровня выше среднего в 1-й и 2-й группах составляла соответственно 18,5 % (ДИ  $3,9-33,2$ ) и 13,5 % (ДИ  $4,2-22,7$ ); в 3-й группе таких детей не было выявлено.

Результаты выполнения теста «Прыжок в длину с места» не выявили достоверных изменений в группах детей с разной степенью функциональной готовности к школе. Изменения носили характер тенденции. Так, уровень ниже среднего отмечался у 10,7 % (ДИ  $-0,7-22,2$ ) детей 1-й группы и у 25 % (ДИ  $9,0-41,0$ ) — 3-й группы, выше среднего соответственно у 21,4 % (ДИ  $6,2-36,6$ ) и 7,1 % (ДИ  $-2,4-16,7$ ) детей.

Следующий тест — тест на оценку статокинетической устойчивости — состоял во вращении тела вокруг вертикальной оси (влево для правой и вправо для левой), находясь в круге диаметром 50 см. Пересечение контура круга свидетельствует о нарушении устойчивости. Частота встречаемости уровня ниже среднего в 1-й, 2-й и 3-й группах детей превышает аналогичные значения для предыдущих двух тестов и составляет, соответственно, 26,1 % (ДИ  $8,1-44,0$ ), 46,7 % (ДИ  $32,1-61,2$ ) и 32,1 % (ДИ  $14,8-49,4$ ) детей. Уровень выше среднего имеет тенденцию к снижению в этих группах соответственно 39,1 % (ДИ  $19,2-59,1$ ), 33,3 % (ДИ  $19,6-47,1$ ) и 21,4 % (ДИ  $6,2-36,6$ ). Достоверных различий не выявлено.

Анализ результатов выполнения теста на равновесие «Аист» позволил выявить высокую частоту встречаемости уровня ниже среднего, которая составила в 1-й группе 51,9 % (ДИ  $33,0-70,7$ ) детей,

во 2-й группе — 61,5 % (ДИ 48,3–74,8) и в 3-й группе — 55,6 % (ДИ 36,8–74,3) детей. Достоверных различий между детьми разных групп не выявлено. Уровень выше среднего чаще отмечался у зрелых детей — 18,5 % (ДИ 3,9–33,2), чем у незрелых — 3,7 % (ДИ –3,4–10,8). Однако различия не являются достоверными.

Таким образом, оценка физической подготовленности по результатам выполнения тестов координационной направленности у детей трех групп школьной зрелости достоверно или на уровне тенденции свидетельствует о связи степени функциональной готовности к обучению в школе с показателями общей моторной координации.

Для количественной оценки связей между показателями теста Керна — Йирасека и результатами выполнения тестов физической подготовленности проведен корреляционный анализ с вычислением коэффициента корреляции Спирмена ( $r$ ).

Показано, что достоверные коэффициенты корреляции были получены только между показателями теста Керна — Йирасека и результатом теста «Челночный бег». Результаты остальных трех тестов координационной направленности не коррелировали с показателями теста Керна — Йирасека. Достоверно результаты выполнения теста «Челночный бег» коррелируют с показателями, отражающими мелкую моторику и зрительно-моторную координацию (срисовывание фразы) —  $r = -0,306$  ( $p = 0,001$ ) и интеллектуальное развитие («Рисунок человека») —  $r = -0,507$  ( $p = 0,000$ ). С показателем пространственного восприятия (срисовывание точек) связи не выявлено —  $r = -0,148$  ( $p = 0,120$ ). Наибольшее значение коэффициента корреляции установлено между значениями результатов выполнения теста «Челночный бег» и значением балла за «Рисунок человека (мужчины)», отражающим интеллектуальное развитие ребенка. Этот факт свидетельствует о возможном влиянии вестибулярной системы на развитие когнитивных функций, поскольку челночный бег характеризуется вовлечением функции вестибулярной системы при его выполнении — при разнонаправленном ускорении (положительном — при увеличении скорости бега и отрицательном — при торможении), а также при поворотах. Исходя из этого, выполнение упражнений или заданий на ускорение и торможение в процессе различных видов бега может служить в качестве эффективного способа развития и совершенствования функций вестибулярной системы с целью когнитивного развития детей при подготовке к школе и для профилактики трудностей их обучения в последующем. В зарубежной литературе активно обсуждаются эффекты влияния ДА и уровня физической подготовленности на развитие когнитивных функций [4, 5].

Таким образом, затрагиваемая в данном исследовании проблема носит более глубокий характер и связана в целом с проблемой развития когнитивных функций, в том числе при подготовке детей к обучению в школе, формировании их функциональной готовности средствами физической культуры, в первую очередь координационной направленности. Установленная связь отдельных показателей теста Керна — Йирасека с результатами выполнения теста «Челночный бег» ( $3 \times 10$  м) дает основание для научного обоснования и разработки на этой основе специальных заданий, направленных на развитие координационных способностей, совершенствование механизмов вестибулярной системы как системы, интегрирующей сенсорную информацию различной модальности, с целью оптимизации условий восприятия учебной информации, развития внимания, памяти, мышления и воображения. Уровень развития когнитивных функций, адекватных возрасту, обеспечивает успешность выполнения учебных заданий, минимизирует физиологические и психоэмоциональные затраты, сохраняет резервы здоровья ребенка.

Полученные данные обосновывают необходимость включения в систему оценки функциональной готовности детей к школе теста «Челночный бег» ( $3 \times 10$  м) для исследования общей моторной координации и реакции на угловое и линейное ускорение разной направленности. Использование данного теста целесообразно не только в качестве оценочного теста, но и как упражнения для тренировки вестибулярной функции у детей на начальном этапе систематического обучения.

## Литература

1. Медико-профилактические основы безопасности цифровой среды для здоровья детей и подростков: моногр. / под ред. А. П. Фисенко, П. И. Храмцова. — М.: Деловая полиграфия, 2023. — 296 с.
2. Храмцов, П. И. Модифицированная методика оценки психомоторного развития младших школьников / П. И. Храмцов, Н. О. Березина // *Вопр. школьной и университетской медицины и здоровья*. — 2021. — № 2. — С. 48–52.
3. Организация медицинского контроля за развитием и здоровьем дошкольников и младших школьников на основе массовых скрининг-тестов и их оздоровление в условиях детского сада, школы: метод. пособие / под ред. Г. Н. Сердюковской. — М., 1995. — 120 с.

4. *Guillamon, A. R.* Motor coordination and academic performance in primary school students / A. R. Guillamon, E. G. Canto, H. M. Garcia // *Journal of Human Sport and Exercise*. — 2020. — № 1. — P. 1–12.
5. *Conde, M. A.* Physical activity, physical education and physical condition may be related to academic and cognitive performance in young people. Systematic review / M. A. Conde, P. Tercedor // *Archives of sport medicine*. — 2015. — Vol. 166. — P. 100–109.

Поступила 25.08.2023

## **ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИГАТЕЛЬНОГО РЕЖИМА НА УМСТВЕННУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ**

*Храмцова С. Н., к. б. н., доцент, svetlana@khramtsova.info*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет просвещения», г. Мытищи, Россия

Значительная доля нарушений здоровья у младших школьников обусловлена школьно-средовыми факторами. К ним, в частности, относится стрессогенное влияние повышенного объема учебной нагрузки и интенсификации обучения, а также низкая двигательная активность (далее — ДА) детей в сочетании с нерациональной организацией внеучебного времени, характеризующегося длительным использованием компьютеров, планшетов, смартфонов, сокращением продолжительности ночного сна и прогулок.

ДА является ведущим фактором роста и развития детей и подростков. Широкая распространенность и выраженность гипокинезии у современных младших школьников обуславливает поиск оптимальной организации двигательных режимов, от которой зависит их физическая и умственная работоспособность [1].

Адекватный возрасту уровень ДА, правильный выбор режима физических нагрузок является благоприятным фактором физиологической адаптации ребенка к учебным и физическим нагрузкам, особенно в начальных классах школы [2].

В последние годы проводилась разработка и реализация различных программ физического воспитания обучающихся, которые включали учет индивидуальных возможностей и интересов обучающихся, их спортивных предпочтений; введение дополнительных часов на уроки физической культуры или занятия физической активностью во внеурочное время, увеличение времени на спортивные игры на уроках физической культуры [3].

Наличие в школе группы продленного дня предполагает пребывание детей в образовательной организации в течение всего дня, что дает возможность наиболее оптимально организовать режим за счет дополнительного введения динамического компонента.

Цель исследования: оценить влияние различных форм организации двигательных режимов на умственную работоспособность младших школьников.

В исследовании приняли участие 120 обучающихся 8–9 лет средних школ № 987, № 1998 Южного округа г. Москвы.

Критериями включения детей в исследование явились возраст 8–9 лет и отсутствие жалоб на самочувствие, критериями невключения являлись возраст меньше 8 лет и больше 9 лет и наличие жалоб на самочувствие.

Обучение в обеих школах проводилось по стандартной программе, которая включает 2 урока физической культуры в неделю. После занятий младшие школьники оставались в группе продленного дня с 18.00 до 19.00.

Двигательный режим младших школьников, посещающих группу продленного дня школы № 987 (1-й вариант), включал дополнительно 3-й урок физической культуры. Обучающиеся также посещали занятия статического характера, занимаясь по дополнительной образовательной программе информатикой, музыкой и изобразительным искусством.

Двигательный режим обучающихся школы № 1998 (2-й вариант) дополнительно включал 1 занятие плаванием в бассейне и 1 занятие ритмической гимнастикой в неделю.

Во второй половине дня обучающиеся выполняли домашние задания, дважды гуляли на улице не менее 45 минут. Во время прогулок были организованы подвижные игры.

Умственная работоспособность школьников оценивалась с помощью корректурной пробы с использованием буквенных таблиц Анфимова в динамике учебного дня, недели, года. Методика позволяет получать информацию об основных параметрах, характеризующих умственную работоспособность: объем и скорость (продуктивность и точность) выполнения работы.

Работа с буквенными таблицами выполнялась в течение 2 минут. Оценка каждого выполненного задания проводилась по двум параметрам: объему — количеству просмотренных букв и качеству работы — количеству допущенных ошибок в пересчете на 500 просмотренных знаков.

ДА оценивалась методом шагометрии, в основе которого лежит подсчет локомоций (объем ДА) с помощью шагометра. Интенсивность ДА рассчитывали как отношение объема ДА к ее продолжительности (мин).

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 6.0.

Интенсивность локомоций за день у младших школьников, занимающихся по программе 1-го варианта, составляла  $22,7 \pm 1,8$  шага в минуту (объем —  $12\,434 \pm 100$  шагов в день). В первой половине дня интенсивность локомоций составляла  $19,6 \pm 1,7$  шага в минуту (объем —  $4694 \pm 35$  шагов), во второй —  $25,8 \pm 1,9$  шага в минуту (объем —  $7740 \pm 48$  шагов). Интенсивность локомоций во второй половине дня больше, чем в первой, на 13,1 %.

При проведении шагометрии у обучающихся по 2-му варианту организации ДА выявлено, что интенсивность локомоций составляла  $21,4 \pm 1,7$  шага в минуту (объем —  $11\,052 \pm 90$  шагов в день). В первой половине учебного дня интенсивность локомоций соответствовала  $19,8 \pm 1,8$  шага в минуту (объем —  $4752 \pm 35$  шагов); во второй половине —  $24,4 \pm 1,6$  шага в минуту (объем —  $7300 \pm 49$  шагов). Интенсивность локомоций во второй половине дня больше, чем в первой, на 12,3 %.

Таким образом, ДА обучающихся при посещении групп продленного дня была примерно одинаковой, более низкой в первой половине дня во время учебных занятий и увеличенной во второй.

Продуктивность выполнения корректурного теста у школьников 1-го варианта ДА в начале учебного года в начале недели не менялась в течение дня и в среднем составляла до начала занятий  $168,1 \pm 9,9$  знака после занятий —  $165,5 \pm 1,7$  знака ( $p > 0,05$ ). Количество ошибок составляло  $9,4 \pm 1,7$  в начале и  $11,1 \pm 2,0$  в конце дня ( $p > 0,05$ ). В конце учебной недели отмечалось повышение умственной работоспособности, что проявлялось в увеличении продуктивности и точности: число прослеженных знаков составляло в среднем  $172,9 \pm 6,1$ ; ошибок —  $10,0 \pm 1,5$  до начала занятий и  $173,7 \pm 5,8$  знаков и  $10,9 \pm 1,7$  ошибок в конце учебного дня.

В начале учебного года в начале недели у школьников, посещающих группы продленного дня по 2-му варианту, ДА, продуктивность и качество корректурного теста были ниже по сравнению со школьниками 1-й группы. Продуктивность в течение дня снижалась, в отличие от обучающихся по 1-му варианту, с  $165,4 \pm 3,4$  до  $152,4 \pm 4,9$  знака ( $p < 0,05$ ). Качественные показатели корректурного теста оставались низкими и стабильными в течение дня. Количество ошибок составляло  $12,5 \pm 1,8$  до занятий и  $13,9 \pm 1,8$  после занятий ( $p > 0,05$ ), что было соответственно на 39,4 % и 13,2 % ниже.

Однако в конце недели показатели у детей при 2-м варианте имели тенденцию к повышению по сравнению с 1-м вариантом: до занятий продуктивность корректурного теста в среднем составляла  $176,2 \pm 7,7$  знака, количество ошибок было в 1,5 раза ниже и составляло  $6,6 \pm 1,3$ . К концу учебного дня продуктивность корректурного теста достоверно оставалась на прежнем уровне по сравнению с началом дня, однако возрастало количество допущенных ошибок до  $10,8 \pm 1,4$  ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, в начале учебного года в начале недели дети, посещающие группы продленного дня, тяжело адаптируются к школьной нагрузке, однако в конце учебной недели все обследуемые обучающиеся адаптируются к учебному процессу и показывают хорошие результаты при выполнении корректурной пробы. Процесс адаптации протекал более успешно у школьников, обучающихся в группе продленного дня по 2-му варианту ДА, судя по увеличению качественных показателей корректурного теста.

В конце учебного года у школьников группы продленного дня 1-го варианта в начале недели до занятий число прослеженных знаков составляло в среднем  $179,0 \pm 10,9$ , что было выше по сравнению с началом учебного года на 10,6 %. К концу дня отмечалась тенденция к увеличению объема выполнения корректурного теста, количество прослеженных знаков в среднем составляло  $187,1 \pm 10,6$  ( $p > 0,05$ ). Качество выполнения теста снижалось на 22 %. В начале учебного дня отмечалось  $10,9 \pm 2,3$  ошибки, к концу дня —  $14,0 \pm 1,9$  ошибки ( $p > 0,05$ ). В конце недели количество прослеженных знаков от начала к концу занятий достоверно уменьшалось с  $189,6 \pm 11,3$  до  $172,4 \pm 8,9$  знака ( $p < 0,05$ ). Количество ошибок было высоким и стабильным и составляло  $10,7 \pm 1,4$  до начала занятий в начале учебной недели и  $12,3 \pm 4,1$  — в конце учебного дня ( $p > 0,05$ ). Эти результаты свидетельствуют о нарастании утомления в конце учебной недели.

У обучающихся в режиме группы продленного дня 2-го варианта в конце учебного года в начале недели до занятий количество прослеженных знаков в среднем равнялось  $185,4 \pm 8,3$ , количество ошибок —  $10,1 \pm 2,2$ . В конце дня продуктивность и качество выполнения корректурного теста оставались на том же уровне.

В конце недели число прослеженных знаков до занятий составляло  $196,2 \pm 5,8$ , что достоверно больше, чем в начале недели ( $p < 0,05$ ). К концу дня в конце недели продуктивность корректурной пробы оставалась достаточно высокой и равнялась в среднем  $199,7 \pm 9,2$  прослеженного знака ( $p > 0,05$ ). Количество допущенных ошибок до занятий в среднем составляло  $9,7 \pm 2,8$ , в конце учебного дня —  $10,3 \pm 1,9$  ошибки ( $p > 0,05$ ).

В конце учебного года отмечено улучшение умственной работоспособности у всех младших школьников, посещающих группы продленного дня. К концу дня отмечалась тенденция к повышению продуктивности выполнения корректурного теста по сравнению с началом учебного дня. Однако качество и продуктивность были выше у школьников группы продленного дня 2-го типа. Динамика умственной работоспособности в конце года от начала до конца дня свидетельствует об их более успешной адаптации к учебному процессу в течение года.

Таким образом, при сравнении показателей умственной работоспособности обучающихся младших классов при различной организации двигательного режима наиболее благоприятные сдвиги отмечены у младших школьников, посещающих группы продленного дня 2-го варианта.

Двигательный режим в группах продленного дня строится в соответствии с режимом дня и выбором оптимального соотношения времени для выполнения уроков (умственные нагрузки) и ДА. Однако преимуществом групп 2-го варианта было применение в основном неспецифических нагрузок (в форме плавания, музыкального компонента при занятиях ритмикой, подвижных и спортивных игр), не требующих большого напряжения, но оказывающих большое эмоциональное воздействие, что имеет хорошие перспективы, поскольку такой вид ДА способствует снижению тревожности, агрессивности, улучшению самооценки, снижению психоэмоционального напряжения [4].

При всей значимости урока как основы процесса физического воспитания в школе, главенствующая роль в приобщении к ежедневным занятиям физическими упражнениями обучающихся безусловно принадлежит внеклассной физкультурно-оздоровительной работе в форме рекреационной деятельности. Рекреационная физическая нагрузка приводит к одновременной мобилизации стресс-реализующей и стресс-лимитирующей систем, в отличие от навязанной, когда происходит существенная активация стресс-реализующей системы. Такой подход в организации ДА помогает восстановить физические силы и психические функции, которые не нашли применения в повседневной деятельности, что способствует более успешной адаптации младших школьников.

У обучающихся, посещающих группу продленного дня 2-го варианта, благодаря правильной организации режима дня и выбора видов ДА отмечается положительная динамика процессов адаптации к образовательным нагрузкам, что подтверждается результатами корректурного теста.

## Литература

1. *Быховская, И. М.* Концепция физической культуры и физкультурного воспитания (инновационный подход) / И. М. Быховская, Л. И. Лубышева, В. И. Столяров // Теория и практика физической культуры. — 2005. — № 5. — С. 11–15.
2. *Рапопорт, И. К.* Одиннадцатилетнее лонгитудинальное наблюдение: распространенность и течение функциональных отклонений и хронических болезней у московских школьников / И. К. Рапопорт, Л. М. Сухарева // Вопрю школьной и университетской медицины и здоровья. — 2019. — № 1. — С. 19–27.
3. Оценка условий и организации физического воспитания школьников РФ (по данным опроса учителей физической культуры) / П. И. Храмцов [и др.] // Учен. зап. ун-та им. П. Ф. Лесгафта. — 2022. — № 2 (204). — С. 423–428.
4. *Храмцова, С. Н.* Характеристика гемодинамики и психоэмоционального состояния у женщин 25–30 лет в процессе занятий степ-аэробикой / С. Н. Храмцова, В. В. Еськов // Учен. зап. ун-та им. П. Ф. Лесгафта. — 2022. — № 7 (209). — С. 391–396.

Поступила 25.08.2023

# ХАРАКТЕРИСТИКА ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ОРГАНИЗМ ЮНЫХ БАСКЕТБОЛИСТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ОРГАНИЗАЦИИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

*Храмцова С. Н., к. б. н., доцент, svetlana@khramtsova.info,  
Кондратьева Е. А., knktal@yandex.ru*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет просвещения», г. Мытищи, Россия

Игровые виды спорта характеризуются большой физической и нервно-психической нагрузкой, наличием сложных координационных движений, элементов единоборств на фоне интенсивного игрового мышления при значительной нагрузке на верхние и нижние конечности, а также чередованием интенсивной мышечной деятельности и отдыха [1]. Высокие нагрузки вызывают постоянное напряжение адаптационных систем организма спортсменов, следствием которого бывают переутомление и перенапряжение, что является причиной профессиональных заболеваний и травм.

Баскетбол относится к ситуационным игровым видам спорта с преобладанием динамической скоростно-силовой работы переменной мощности. Игроки чередуют интенсивные включения с выполнением передач, бросков и введений. Такие тренировочные нагрузки позволяют достигать высоких спортивных результатов. Однако они также требуют строгого контроля, поскольку игра в баскетбол оказывает более неблагоприятное воздействие на функциональные системы организма по сравнению с футболом и волейболом [2].

Среди мер, обеспечивающих повышение эффективности тренировочного процесса, большое значение имеет создание условий, способствующих не только повышению работоспособности, но и сохранению здоровья. Особенно это важно при организации тренировочного процесса у молодых спортсменов, когда предъявление высоких требований к их функциональным системам может отразиться на состоянии здоровья в течение всей последующей жизни.

Частота сердечных сокращений (далее — ЧСС) является одной из важных характеристик адаптационно-приспособительных реакций организма, показателем степени утомления и потребления кислорода, что дает возможность использовать этот показатель в динамике тренировки сразу после каждого задания, характеризующегося разным уровнем нагрузки [3].

Цель исследования: оценить динамику частоты сердечных сокращений при различных вариантах организации учебно-тренировочных занятий для обоснования оптимального тренировочного режима.

Исследование проводилось на базе трех детско-юношеских спортивных школ Московской области, реализующих разные варианты тренировочного процесса. В исследовании приняли участие 30 юных баскетболистов 10–12 лет.

Суммарный уровень нагрузки во всех трех тренировочных программах был одинаковый, однако в каждой программе использовались различные индивидуальные подходы, направленные на увеличение спортивных показателей. Наиболее характерными были отработка специальных упражнений по совершенствованию игровых комбинаций, регулярное повторение игровых комбинаций не только на тренировке, но и в перерывах или полноценный отдых после высоких нагрузок.

Основная часть тренировки состояла из 5 игровых комбинаций (заданий) различной интенсивности.

В 1-м варианте учебно-тренировочных занятий (далее — УТЗ) преобладал волнообразный тип распределения нагрузки с выполнением максимальной нагрузки (80–90 % от максимальной) в 4-м задании основной части, то есть ближе к концу основной части тренировки, после чего еще следовала игровая комбинация средней интенсивности (50–60 % от максимальной). В заключительной части выполнялась игровая комбинация средней интенсивности (50–60 % от максимальной).

В этом варианте УТЗ наиболее характерной была замена тренировки перед соревнованиями на игру с целью психологической загрузки и совершенствования комбинаций, что не способствовало снижению общей интенсивности нагрузки при достаточно жестком тренировочном режиме.

Для 2-го варианта УТЗ был также характерен волнообразный тип распределения, с той лишь разницей, что комбинация с максимальной нагрузкой выполнялась в 5-м завершающем задании основной части тренировки, после чего сразу следовала заминка, в которой нагрузка, в отличие от предыдущего варианта, отсутствовала, спортсмены восстанавливали и расслабляли мышцы с помощью ролла.



При данной организации УТЗ предполагалась высокая интенсивность занятий с выполнением максимально сложных комбинаций даже в перерывах во время тренировки и перед соревнованиями.

3-й вариант отличался от первых двух вариантов динамикой распределения нагрузки в процессе тренировки. В продолжение УТЗ уровень нагрузки сначала нарастал, после чего следовало его постепенное снижение, в заминке, так же как и во 2-м варианте, нагрузка полностью отсутствовала, юные спортсмены выполняли вис на шведской лестнице. В данном варианте нагрузка в заминке была самая высокая среди трех УТЗ и составляла 70 % от максимальной (60 % в первых двух), после чего в основной части выполнялась 1-я игровая комбинация максимального уровня нагрузки (80–90 % от максимальной).

Организация УТЗ при 3-м варианте предполагала разгрузочный день, в который юные баскетболисты посещали бассейн, а также тренировки в щадящем режиме после соревнований.

Наиболее важным фактором, определяющим эффективность тренировок, является интенсивность нагрузки. С этой целью обычно проводится контроль текущего состояния спортсменов, на основании результатов которого вносятся коррективы в тренировочные планы по нагрузке. Кроме того, текущий контроль нагрузки дает возможность убедиться в эффективности различных методов повышения технического мастерства и спортивных результатов спортсменов.

Оценка ЧСС проводилась у всех занимающихся сразу же после выполнения каждой игровой комбинации с разным уровнем нагрузки.

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 6.0.

Юные баскетболисты при всех трех вариантах УТЗ находились примерно на одном уровне тактико-технических возможностей по результатам соревновательной деятельности. Основным различием в оцениваемых вариантах УТЗ было распределение нагрузки в процессе тренировки: ближе к началу или концу основной части. Это особенно касалось времени выполнения самой высокой нагрузки, соответствующей 80–90 % от максимальной.

Хорошо известно, что чем выше напряжение регуляторных систем под влиянием физических нагрузок, тем выше вероятность снижения адаптационного потенциала. Самая высокая нагрузка на сердечно-сосудистую систему наблюдалась у баскетболистов, занимающихся по 2-му варианту тренировок, когда нагрузка 80–90 % от максимальной выполнялась непосредственно перед заминкой, то есть в конце основной части. ЧСС юных баскетболистов превышала ЧСС в покое на 184 %. Абсолютные значения ЧСС у половины юных спортсменов были в интервале 200–210 уд/мин. Для сравнения: ЧСС после максимальной нагрузки в 1-м и 3-м вариантах тренировки превышала ЧСС в покое на 139 % и 135 %, что было примерно в 1,4 раза меньше. Максимальные значения ЧСС находились в диапазоне 175–180 уд/мин и 165–170 уд/мин соответственно при 1-м и 3-м вариантах организации УТЗ.

ЧСС, равная 200–210 уд/мин, может наблюдаться у спортсменов среднего школьного возраста как индикатор возникновения гипердинамики левого желудочка, которая является результатом напряжения механизмов адаптации, связанного с половым созреванием.

В конце заминки ЧСС у юных спортсменов, занимающихся по 2-му варианту, была выше исходной на 60 % vs 48 % и 32 % в 1-м и 3-м вариантах соответственно. Через 5 мин после окончания тренировки при всех вариантах организации УТЗ превышение ЧСС по сравнению с началом тренировки было сопоставимо и находилось в интервале 24–32 %.

Проведена оценка субъективных ощущений юных баскетболистов в динамике тренировок. С этой целью была разработана анкета, включающая вопросы о восприятии нагрузки и о самочувствии во время и после тренировки.

На вопрос «Какая реакция у спортсмена была на нагрузку?» 87 % всех ответов из предложенных вариантов (хорошая, нормальная, иногда тяжелая) были «нормальная» или «хорошая». Таким образом, субъективная реакция на нагрузку при всех формах проведения УТЗ в целом была нормальной, что связано с привычным стереотипом спортсменов, направленным на выполнение любых заданий повышенной трудности. Для подростков, профессионально занимающихся спортом, практически любая нагрузка субъективно представляется нормальной, даже если они испытывают дискомфорт в форме головокружения, слабости и т. п., поскольку они изначально настроены на преодоление трудностей.

Однако, когда вопрос был задан в несколько иной форме, а именно «Какие ощущения Вы испытывали во время тренировки, сразу после нее и на следующий день?», были получены ответы, более соответствующие реальному восприятию нагрузки. Наиболее характерными жалобами были одышка и головокружение, отражающие кислородную недостаточность, а также снижение внимания, что характерно для выраженного утомления.

Отсутствие жалоб на изменения в самочувствии было выявлено у 70% опрошенных, занимающихся в условиях УТЗ 3, и у 40% — в процессе УТЗ 2. Самое большое число жалоб было выявлено у юных баскетболистов, которые занимались в условиях УТЗ 1. 70% юных спортсменов отмечали наличие косвенных симптомов переутомления.

В целом анкетирование показало, что плохое самочувствие отмечается юными спортсменами, как правило, непосредственно во время тренировки, при этом в 1-м варианте тренировочного процесса в 2,3 раза чаще, чем при двух остальных.

С учетом того, что юные баскетболисты при трех вариантах УТЗ находились примерно на одном уровне тактико-технических возможностей, можно заключить, что наиболее оптимальной организацией тренировочного процесса по воздействию на сердечно-сосудистую систему является 3-й вариант тренировки. При этом варианте отмечаются два положительных признака: умеренные значения ЧСС в зоне максимальной нагрузки и достаточно редкие жалобы на головокружение и одышку во время тренировки (25% по сравнению с 60% и 70% при УТЗ 2 и УТЗ 1 соответственно).

Проведенное исследование продемонстрировало, что негативное влияние высоких нагрузок на регуляторные системы зависит не только от величины нагрузки, но также от ее места в УТЗ. Оказалось, что самое неблагоприятное воздействие на организм по данным ЧСС оказывают максимальные нагрузки, выполненные в самом конце основной части тренировки. Наиболее же благоприятный режим нагрузок — это постепенное увеличение с последующим плавным снижением величины воздействия на организм юных спортсменов. К положительным моментам данного режима тренировок можно также отнести наличие отдыха.

Таким образом, оценка ЧСС в сочетании с субъективными ощущениями нагрузки представляется наиболее эффективным показателем для обоснования оптимизации тренировок юных баскетболистов с целью сохранения здоровья в условиях высоких нагрузок без снижения их тактико-технических возможностей.

## Литература

1. *Pharr, J. R.* Health and Sociodemographic Differences between outcomes of team sport participation adults / J. R. Pharr, N. L. Lough, M. A. Terencio // *Sports*. — 2019. — Vol. 7. — P. 150.

2. *Andersen, M. H.* The social and psychological health outcomes of team sport participation in adults: An integrative review of research / M. H. Andersen, L. Ottesen, L. F. Thing // *Scandinavian J. of public health*. — 2019. — Vol. 47, № 8. — P. 823–850.

3. *Елисеев, Е. В.* Поведение центральной гемодинамики и сократительной функции миокарда в зависимости от направленности тренировочного процесса / Е. В. Елисеев // *Теория и практика физической культуры*. — 2003. — № 1. — С. 39–41.

Поступила 25.08.2023

## КАЧЕСТВО МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАК АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА СОХРАНЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПОДРОСТКОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ В СИСТЕМЕ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

<sup>1</sup>Шубочкина Е. И., д. м. н., доцент, [evshub@yandex.ru](mailto:evshub@yandex.ru),

<sup>2</sup>Блинова Е. Г., д. м. н., [hygienebeg@yandex.ru](mailto:hygienebeg@yandex.ru)

<sup>1</sup>Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации», г. Омск, Россия

В настоящее время в Российской Федерации (далее — РФ) отмечается дефицит кадров специалистов со средним профессиональным образованием во многих отраслях народного хозяйства. Наиболее острый дефицит кадров наблюдается в профессиях, связанных с физическим трудом. Это строители, монтажники, машинисты крана, токари, фрезеровщики, слесари по ремонту оборудования, электромонтеры, электрогазосварщики, автомеханики и др. В торговле это менеджеры по про-

дажам и работе с клиентами, сотрудники торговых сетей. В медицине — персонал со средним медицинским образованием: фельдшера, медицинские сестры, специалисты по медицинскому оборудованию, процедурные сестры. Как видно из представленного списка, большинство дефицитных профессий относится к профессиям с вредными и тяжелыми условиями, напряженностью труда или к профессиям, связанным с возможностью влияния биологических факторов из-за контакта с большим числом людей, в том числе и больных. В связи с указанным медицинское освидетельствование студентов, обучающихся этим профессиям и многим другим, является особенно важным. В настоящее время порядок осмотров определяется Приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 2 сентября 2020 года № 457 «Об утверждении Порядка приема на обучение по образовательным программам среднего профессионального образования» (с изменениями на 20 октября 2022 года), где прописаны специалисты, которые входят во врачебную комиссию, и объем лабораторных исследований по разным направлениям подготовки.

Целью настоящей работы была оценка состояния здоровья студентов и качества медицинской помощи студентам профессиональных колледжей как при поступлении, так и в процессе обучения.

В РФ на начало 2021/2022 учебного года обучались по программам среднего профессионального образования 3,4 миллиона человек. Особенности современного обучения в колледжах — практико-ориентированное обучение (дуальное обучение) по европейскому варианту с увеличением доли практического обучения на рабочих местах предприятий и организаций, которое реализуется в 42 % колледжей профессионального образования. Такие программы повышают качество подготовки, востребованность выпускников, но увеличивают время контакта с факторами производственной среды. Это может повышать риск ухудшения состояния здоровья, в том числе профессионально-связанного характера.

В исследовании приняли участие 197 студентов-юношей 1–2-го курсов колледжей двух городов РФ, осваивающих профессию сварщика (г. Омск) и профессию автослесаря (г. Москва), характеризующиеся вредными условиями труда. Анкетный опрос проводился по авторской анкете.

В программу анкетирования входила оценка качества жизни по опроснику MOS SF-36, общие жалобы на здоровье и жалобы, дифференцированные по системам, показатели самочувствия, выраженность утомления после занятий, частота ОРВИ. Обучающиеся делились на 2 подгруппы: здоровые и указавшие на наличие хронических заболеваний, установленных врачами. Данные обрабатывались общепринятыми методами с использованием онлайн калькуляторов для расчета статистических критериев общепринятыми статистическими методами. Использовался t-критерий Стьюдента, оценивались величины относительных рисков здоровью RR, их доверительные интервалы и этиологическая доля EF в %.

Было показано, что по данным опроса студентов 1–2-го курса, обучающихся профессии сварщика, 21,1 % знали о наличии у них хронических заболеваний, установленных врачами. В их числе были: бронхиальная астма, бронхит, гастродуоденит, гипертония, пиелонефрит, болезнь Пертеса, сколиоз, подвывих позвонков. Среди студентов 1–2-го курса, обучающихся профессии автослесаря, каждый четвертый указал на хронические заболевания, в том числе: бронхиальная астма, бронхит, гастрит, язва желудка, диабет, вегетососудистая дистония, гипертония, пролапс митрального клапана, псориаз, аллергия [1]. Были оценены жалобы, показатели самочувствия и показатели качества жизни студентов, обучающихся на 1-м курсе профессии сварщика, с разным уровнем здоровья. На этом этапе обучения учебная (производственная) практика проходит в мастерских колледжа. Сравнительные данные показали, что параметры качества жизни обучающихся были сниженными во второй подгруппе у лиц, имеющих хронические заболевания. Достоверным было снижение только по одному параметру психического компонента VT. Это свидетельствовало о значительном ограничении социальных контактов, снижении уровня общения в связи с ухудшением физического и эмоционального состояния. Студенты, не имевшие хронической патологии, в два раза реже уставали и оценивали свою физическую форму как плохую соответственно:  $14,29 \pm 3,78$  и  $36,6 \pm 6,03$  во второй группе (t-критерий Стьюдента: 3,14;  $p = 0,002706$ ). На втором году обучения, когда практика проходит на предприятиях, студенты второй подгруппы имели ухудшенные данные по большему числу оцениваемых показателей, чем на 1-м курсе. Подростки с хронической патологией имели жалобы повторяющегося характера в 3 раза чаще, чем здоровые. У них чаще в 4 раза были аллергические проявления, чаще отмечали наличие аллергических проявлений, риск появления жалоб такого характера составил  $RR = 4,020$ ;  $EF = 75,12\%$ . Студенты второй подгруппы больше жаловались на боли в сердце —  $RR = 4,188$ ;  $EF = 76,12\%$ , раздражительность —  $RR = 4,307$ ;  $EF = 76,78\%$ , на тошноту —  $RR = 6,70$ ;  $EF = 85,07\%$ , изжогу —  $RR = 2,680$ ;  $EF = 62,69\%$ , боли в животе —  $RR = 4,307$ ;  $EF = 76,78\%$ . Они больше уставали и хуже переносили учебную нагрузку. У студентов, обучающихся профессии автослесаря, на 2-м году обучения жалобы на здоровье имели почти все обучающиеся с хроническими

заболеваниями по сравнению с подгруппой здоровых. Различия были существенными (критерий  $\chi^2 = 8,8$ ;  $p = 0,04$ ). Относительный риск появления жалоб на здоровье во второй подгруппе составил  $RR = 2,5$ ;  $EF = 60\%$ . Аллергические проявления также имели место, относительный риск их появления во второй подгруппе составил  $RR = 3,33$ ;  $EF = 67\%$ . Из других жалоб были жалобы на повторяющиеся головные боли, относительный риск составил  $RR = 2,44$ ;  $EF = 59,1\%$ . Среди студентов второй подгруппы отмечено в 2,5 раза больше жалоб на раздражительность. Боли в ногах были отмечены обучающимися с хроническими заболеваниями также достоверно чаще, чем среди здоровых. Относительный риск составил  $RR = 8,0$ ;  $EF = 87,5\%$ . И в этой группе студентов было показано, что суммарная учебно-производственная нагрузка сопровождается более высоким числом негативных проявлений и жалоб в подгруппе обучающихся с хронической патологией на втором году обучения по сравнению со здоровыми. Это можно связать с увеличением времени производственного обучения и изменением его условий.

Таким образом, было установлено, что обучающиеся с хроническими заболеваниями, осваивающие профессии с вредными условиями труда, являются группой повышенного риска ухудшения состояния здоровья, требуют наблюдения и решения вопроса их профессиональной пригодности к работе по осваиваемым профессиям. Вместе с тем в настоящее время качество медицинского обслуживания в организациях среднего профессионального образования значительно уступает общеобразовательным организациям по обеспеченности медицинскими кадрами, что является существенной проблемой для решения задач сохранения здоровья студентов колледжей. Выполненный аудит качества медицинской помощи студентам колледжей в Екатеринбурге и Свердловской области показал более низкие суммарные баллы по сравнению с аналогичными данными по школам (1,8 и 2,48 соответственно), отсутствие в трети учебных заведений среднего профессионального образования медицинских кабинетов, сложности с проведением профилактических осмотров [2]. В связи с этим в ряде колледжей обучающиеся не проходили профилактические медицинские осмотры, а контроль за прохождением осмотров по месту жительства отсутствовал. Авторы заключают, что должна быть предусмотрена возможность получения адекватной медицинской помощи как подростками, так и взрослыми студентами для оценки динамики состояния здоровья за время обучения. Результаты регионального аудита качества медицинской помощи студентам колледжей показали также более низкое его качество по сравнению со школами, проблемы взаимодействия медицинских организаций с медицинским персоналом колледжей, его дефицит в колледжах, отсутствие динамического наблюдения за здоровьем обучающихся [3]. Для студентов колледжей также характерна высокая распространенность табакокурения. Последние данные ВЦИОМ за 2023 г. показывают, что среди старшеклассников курят до 40% юношей и 7% девушек. Среди учащихся колледжей — до 76% юношей и 65% девушек, что может влиять на показатели их состояния здоровья и требует просветительной и профилактической работы с учащимися колледжей.

Представлены данные, показывающие недостаточное качество медицинских осмотров студентов, поступающих в колледжи профессионального образования, в том числе тех, кто поступает на обучение профессиям с вредными и тяжелыми условиями труда. В связи с этим в колледжи принимается значительное число подростков, имеющих хронические заболевания. Показана возможность ухудшения состояния здоровья у таких учащихся уже на втором году обучения. Показаны нерешенные и актуальные проблемы медицинского обслуживания разновозрастного состава учащихся колледжей, дефицит медицинских кадров в колледжах и отсутствие взаимодействия врачей детских и взрослых поликлиник. Обращено внимание на отсутствие в стандарте врача-педиатра функций по проведению профессиональной ориентации и медицинской профессиональной консультации учащихся, поступающих в колледжи профессионального образования, хотя в них имеется достаточно высокая потребность и в приказе № 822н (ред. от 21.02.2020) «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи несовершеннолетним, в том числе в период обучения и воспитания в образовательных организациях» такое положение есть. Привлечено внимание к необходимости повышения квалификации врачей общей практики и педиатров по проблемам подростковой медицины и медицины труда в связи с обслуживанием студентов профессиональных колледжей. В европейских исследованиях была показана возможность ухудшения состояния здоровья лиц с хроническими заболеваниями, а также раннего формирования профессионально-обусловленных заболеваний в динамике трехлетнего обучения студентов, в том числе по профессии парикмахера, с уходом из профессии каждого пятого выпускника [4]. Актуальной проблемой остается высокий уровень курящих среди подростков, особенно в колледжах профессионального образования, что требует просветительной и профилактической работы со стороны педагогов и медицинского персонала. До настоящего времени важной остается проблема контроля за условиями профессионального обуче-

ния в колледжах, особенно в тех, где осваивают профессии с вредными и тяжелыми условиями труда, в период обучения на предприятиях [5].

Для сохранения здоровья будущего трудового потенциала, обучающегося в колледжах среднего профессионального образования, необходимо обеспечить качественное медицинское освидетельствование абитуриентов и обучающихся в динамике обучения. Необходимым является обеспечение колледжей подготовленными медицинскими кадрами, в том числе по вопросам гигиены и медицины труда, здорового образа жизни. В стандарт врача-педиатра должны быть внесены функции по проведению профессиональной ориентации и медицинской профессиональной консультации.

## Литература

1. Шубочкина, Е. И. Современные аспекты обучения в организациях среднего профессионального образования / Е. И. Шубочкина, Е. Г. Блинова // Здоровье населения и среда обитания — ЗНИСО. — 2021. — № 10. — С. 53–59.

2. Казанцева, А. В. Ключевые проблемы в оценке здоровья подростков при получении среднего профессионального образования / А. В. Казанцева, Е. В. Ануфриева // Здоровье населения и среда обитания — ЗНИСО. — 2020. — № 8. — С. 43–49.

3. Казанцева, А. В. Проблемы организации медицинских осмотров в системе медицинского обеспечения несовершеннолетних, обучающихся в колледжах / А. В. Казанцева, Е. В. Ануфриева // Современ. проблемы здравоохранения и мед. статистики. — 2020. — № 3. — С. 116–131.

4. Шубочкина, Е. И. Охрана здоровья учащихся в организациях среднего профессионального образования в европейских странах (научный обзор) / Е. И. Шубочкина // Вопр. школьной и университетской медицины и здоровья. — 2020. — № 4. — С. 21–31.

5. Шубочкина, Е. И. Актуальные проблемы обеспечения безопасных условий обучения в учебных заведениях среднего профессионального образования / Е. И. Шубочкина, Е. М. Ибрагимова, В. В. Молдованов // Российская гигиена — развивая традиции, устремляемся в будущее: материалы XII Всерос. съезда гигиенистов и санитарных врачей, Москва, 17–18 нояб. 2017 г.: в 2 т. / под ред.: А. Ю. Поповой, В. Н. Ракитского, Н. В. Шестопалова. — М.: Изд.-торг. корпорация «Дашков и Ко», 2017. — Т. 1. — С. 659–662.

Поступила 20.09.2023

## Раздел 4

# ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ. ТЕЗИСЫ

---

## SOME INDICATORS OF THE NUTRITIONAL STATUS OF ATHLETES AND HEREDITARY PREDISPOSITION TO THE NUTRITION-DEPENDENT DISEASES

*Kobelkova I. V., PhD,  
Sorkina E. Yu., Doctor of Sciences,  
Korosteleva M. M., PhD*

Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety», Moscow, Russian Federation

Eating disorders and the risk of developing alimentary-dependent diseases largely depend on the genetic factor.

31 male basketball players, students of the Moscow State Academy of Physical Culture, were examined. Genotyping was performed using allele-specific amplification with real-time detection of results and using TaqMan probes complementary to polymorphic DNA regions using reagents (Synthol, Russia) on a CFX96 Real Time System (Bio-Rad), USA). The study protocol was approved by the Ethics Committee of the FSBSI «Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology» (No. 1 dated December 22, 2019).

To assess the relationship between eating disorders and eating patterns in athletes with genetic polymorphisms, genetic variants rs1801133 (C/T) of the methylenetetrahydrophosphate reductase (MTHFR, location 1p36.3) gene were studied. The frequency of occurrence of the T allele of the rs1801133 polymorphism of the MTHFR gene associated with the risk of developing cardiovascular diseases was 32.2 %, which corresponds to the prevalence of this allele in Europe, including the Russian Federation.

It was established that the diet of both athletes carrying the T allele of the MTHFR gene and athletes with a different genotype was unbalanced and had a high proportion of total fat from energy value ( $194 \pm 25$  g/day or 47 % and 199 g/day or 49 %, respectively). The intake of cholesterol with food did not differ significantly, however, it exceeded the norm of physiological need. An analysis of the average lipid profile did not reveal significant differences between the groups, but in the process of individual counseling of athletes in the group with a genetic predisposition to the development of CVD, in 2 out of 10 examined, the concentration of cholesterol in the blood serum exceeded the reference values (5.2 and 5.3 mmol/l). In addition, in the group with the carriage of the T allele of the MTHFR gene, a more pronounced direct relationship was found between the content of cholesterol in the diet and the concentration of triacylglycerides in the blood compared with carriers of another genotype ( $r = 0.43$  and  $r = 0.21$ , respectively) and between the content of total dietary fat and TAG concentration ( $r = 0.55$  and  $r = 0.16$ , respectively). Probably, in the presence of a genetic predisposition to the development of cardiovascular pathology, an unbalanced diet (high consumption of fats, including saturated fats, cholesterol) has a greater effect on the blood lipid profile. It is extremely important to form optimal nutritional habits among individuals with certain genetic polymorphisms and regularly assess the dynamics of biochemical parameters.

When developing individual diets to increase the adaptive potential, it seems relevant to take into account genetic polymorphisms associated with the risk of developing alimentary-dependent diseases.

Поступила 20.09.2023

## FREQUENCY OF CONSUMPTION OF ENERGY DRINKS BY RUDN UNIVERSITY STUDENTS

*Radysh I. V., Doctor of Sciences, professor, radysh-iv@rudn.ru,  
Semin D. A., semin-da@rudn.ru,  
Korosteleva M. M., PhD, korosteleva-mm@rudn.ru*

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russian Federation

Frequent use of energy drinks, combination with drugs and alcohol in quantities much higher than recommended by manufacturers, can cause negative consequences for human health. Almost all energy drinks contain caffeine. Its biological functions are diverse, however, the potential for addiction and the presence of side effects suggest that established recommended intake levels should be observed. Daily intake of caffeine for adults in the composition of specialized food products and dietary supplements for food in accordance with the Uniform sanitary-epidemiological and hygienic requirements for products subject to sanitary-epidemiological supervision (control) (as amended on February 22, 2022) are 50 mg. Taurine (2-aminoethanesulfonic acid) is the second most commonly used ingredient in energy drink formulations. It has been proven that the combined intake of caffeine with taurine enhances their functional properties. Most energy drinks also contain a significant amount of added sugar, which negatively impacts body weight.

To assess the frequency of consumption of energy drinks by students of the Peoples' Friendship University of Russia, 388 volunteers (185 men and 203 women, mean age 20.4 + 2.2 and 21.9 + 1.7 years, respectively) were interviewed. Frequency of energy drink consumption was assessed using a modified frequency questionnaire. All participants signed informed consent to participate in the survey. Statistical data processing was carried out using IBM SPSS v. 20.0 for Windows (IBM, USA).

When analyzing the data obtained, gender differences in the consumption of energy drinks by RUDN University students were revealed. 43% of men have never used this type of product in the past month, while 19% of the respondents drink it «once per week» or «2–4 times per week», «5–6 times per week» and «2–3 times per day» at 5%. Women, in general, consume energy drinks less often: more than  $\frac{2}{3}$  of respondents did not drink them, 21% consume them no more than «1–3 times a month», 2% — «5–6 times a week» and 1% — «2–3 times in a day».

The lifestyle of students is characterized by increased loads and the need to combine educational activities, work, to increase their efficiency, for this purpose they consume energy drinks. In this regard, it is necessary to monitor compliance with the total daily dose, taking into account all caffeinated drinks and not mix them with alcohol and drugs; in the presence of chronic and acute diseases, it is better to temporarily exclude limit their consumption.

It seems relevant to introduce into the educational process educational programs on the principles of optimal nutrition, including the principles of application and the need to control the daily intake of certain biologically active substances.

Поступила 12.09.2023

## УРОВЕНЬ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ДЕТЕЙ 5–6 ЛЕТ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТАШКЕНТА И СУРХАНДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Атамуратова А. С., oybarchin.atamurodova.92@gmail.com*

Научно-исследовательский институт санитарии, гигиены и профессиональных заболеваний,  
г. Ташкент, Узбекистан

Исследования Всемирной организации здравоохранения за 2019 г. показали, что низкий уровень двигательной активности среди детей достиг 80%. Всемирная ассамблея здравоохранения одобрила новый Масштабный план действий по физической активности на 2018–2030 гг. и новую добровольную глобальную цель по снижению глобальных уровней отсутствия физической активности среди населения на 15% к 2030 г. В 2020 г. рекомендуется детям и подросткам уделять в среднем 60 минут в неделю аэробной физической активности с различной интенсивностью (от умеренной до высокой).

Физическая подготовленность — результат физической подготовки, показывающий уровень развития физических качеств, формирования двигательных умений и навыков, а также физической работоспособности. Физические качества — врожденные качества, которые помогают нам двигаться. В разряд таких качеств входят быстрота, выносливость, сила, ловкость, гибкость.

Цель работы — определить уровни физической подготовленности детей 5–6 лет, воспитывающихся в дошкольных образовательных организациях города Ташкента и Сурхандарьинской области.

Было проведено исследование сотрудниками лаборатории гигиены детей и подростков Научно-исследовательского института (далее — института) санитарии, гигиены и профессиональных заболеваний. Исследования проводились с апреля по август 2022 г. с использованием специально разработанной анкеты «Индивидуальная карта регистрации показателей физической подготовленности ребенка», которая апробирована и утверждена на заседании Ученого совета института (протокол № 5 от 21.06.2021). Анкета состоит из 15 тестов, определяющих уровни физической подготовленности ребенка, и 2 тестов, определяющих основные показатели физического развития (рост и масса тела ребенка).

Для определения уровней физической подготовленности, прикладных двигательных умений и навыков использованы следующие тесты: для определения развития скоростных возможностей используется бег на 30 м, единица измерения в сек; характеристики развития быстроты и координационных способностей, используется бег челночный 3 × 10 м, прыжки через скакалку 60 сек, вращение обруча; для определения скоростно-силовых возможностей — прыжок в длину с места, поднимание туловища 60 сек; для измерения активной гибкости позвоночника и тазобедренных суставов — наклон вперед сидя, ноги вместе; для оценки силы мышц верхнего плечевого пояса — подтягивание из виса (мальчики) и из виса лежа (девочки); для определения статической выносливости мышц спины и плеч — силовая выносливость мышц спины и плечевого пояса, отжимания от пола; для определения развития моторной функции, овладения прикладным навыком и характеристики развития координационных способностей, резкости, точности, ловкости, скорости, быстроты реакции, выносливости, меткости, способности быстро приспосабливаться к различным изменениям обстановки — метание мяча 150 г, метание в цель с 6 м и набивного мяча 1 кг.

Исследование охватило 326 детей, из них 5-летних мальчиков — 74 (23%), девочек — 72 (22%), 6-летних мальчиков — 96 (29%), девочек — 84 (26%).

Для изучения физической подготовленности 5–6-летних детей были проведены следующие тесты:

бег на 30 м: 5-летние мальчики выполнили в среднем за 8,5 сек, 6-летние — 7,7 сек; 5-летние девочки — 9,0 сек, 6-летние — 8,4 сек. За год этот показатель у мальчиков улучшился на 0,8 сек, а у девочек — на 0,6 сек;

бег челночный 3 × 10 м: 5-летние мальчики выполнили в среднем за 13,4 сек, 6-летние — 11,9 сек; 5-летние девочки — 13,6 сек, 6-летние — 12,2 сек. За год этот показатель у мальчиков улучшился на 1,5 сек, а у девочек — на 1,4 сек;

силовая выносливость мышц плечевого пояса: 5-летние мальчики выполнили в среднем за 12,6 сек, 6-летние — 22,3 сек; 5-летние девочки — 13,8 сек, 6-летние — 20,7 сек. За год этот показатель у мальчиков улучшился на 9,7 сек, а у девочек — на 6,9 сек;

силовая выносливость мышц спины: 5-летние мальчики выполнили в среднем за 26,4 сек, 6-летние — за 41,6 сек; 5-летние девочки — за 25,9 сек, 6-летние — за 31,2 сек. За год этот показатель у мальчиков улучшился на 15,2 сек, а у девочек — на 5,3 сек;

прыжок в длину с места: 5-летние мальчики выполнили в среднем на 82,2 см, 6-летние — на 102,5 см; 5-летние девочки — на 72,4 см, 6-летние — на 92,5 см. За год этот показатель у мальчиков улучшился на 20,3 см, а у девочек — на 20,1 см;

наклон вперед сидя, ноги вместе: 5-летние мальчики выполнили в среднем на 4,9 см, 6-летние — на 5,0 см; 5-летние девочки — на 4,2 см; 6-летние — на 5,3 см. За год этот показатель у мальчиков улучшился на 0,1 см, а у девочек — на 1,1 см;

метание набивного мяча 1 кг: 5-летние мальчики выполнили в среднем на 308,6 см, 6-летние — на 339,3 см; 5-летние девочки — на 259,0 см, 6-летние — на 304,8 см. За год этот показатель у мальчиков улучшился на 30,7 см, а у девочек — на 45,8 см;

метание мяча 150 г: 5-летние мальчики выполнили в среднем на 5,8 м, 6-летние — на 9,1 м; 5-летние девочки — на 4,1 м, 6-летние — на 6,2 м. За год этот показатель у мальчиков улучшился на 3,3 м, а у девочек — на 2,1 м;

поднимание туловища 60 сек: 5-летние мальчики выполнили в среднем 6,4 раза, 6-летние — 13,8 раза; 5-летние девочки — 6 раз; 6-летние — 11,8 раза. За год этот показатель у мальчиков улучшился на 7,4 раза, а у девочек — на 5,8 раза;



прыжки через скакалку 60 сек: 5-летние мальчики выполнили в среднем 0,6 раза, 6-летние — 4,7 раза; 5-летние девочки — 1,1 раза, 6-летние — 5,6 раза. За год у мальчиков показатель улучшился в 4,1 раза, а у девочек — в 4,5 раза;

вращение обруча: 5-летние мальчики выполнили в среднем 2,1 раза, 6-летние — 4,5 раза; 5-летние — девочки — 5,5 раза, 6-летние — 5,6 раза. За год этот показатель у мальчиков улучшился в 2,4 раза, а у девочек — в 0,1 раза;

подтягивание из виса лежа: выполняют только девочки. 5-летние девочки выполнили в среднем 7,4 раза, 6-летние — 8 раз. За год этот показатель у девочек улучшился в 0,6 раза;

подтягивание из виса: выполняют только мальчики. 5-летние мальчики выполнили в среднем 0,6 раза, 6-летние — 1,5 раза. За год этот показатель у мальчиков улучшился в 0,9 раза;

отжимание от пола: 5-летние мальчики выполнили в среднем 2,4 раза, 6-летние — 8,1 раза; 5-летние девочки — 1,1 раза, 6-летние — 3 раза. За год этот показатель у мальчиков улучшился в 5,7 раза, а у девочек — в 1,9 раза;

метание в цель с 6 м: 5-летние мальчики выполнили в среднем 0,3 попытки, 6-летние — 1 попытку; 5-летние девочки — 0,1 попытки, 6-летние — 0,2 попытки. За год этот показатель у мальчиков улучшился на 0,7 попытки, а у девочек — на 0,1 попытки.

Таким образом, результаты исследования показывают положительную динамику уровня физической подготовленности детей. За год наблюдается улучшение показателей в некоторых тестах, таких как бег на 30 м, бег челночный 3 × 10 м, силовая выносливость мышц плечевого пояса и спины, прыжок в длину с места, наклон вперед сидя ноги вместе, метание набивного мяча 1 кг, метание мяча 150 г и поднятие туловища. Необходимо уделять большее внимание физической активности детей, организовать профилактические мероприятия по улучшению социально-гигиенических условий воспитания детей с учетом сравнительной оценки физической подготовленности воспитанников.

Поступила 25.08.2023

## **БИОИМПЕДАНСОМЕТРИЯ КАК МЕТОД ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ДЕТЕЙ ОРГАНИЗОВАННЫХ КОЛЛЕКТИВОВ**

*Борисова Т. С., к. м. н., доцент, gdp@bsmu.by,*

*Самохина Н. В., gdp@bsmu.by,*

*Кушнерук А. В., gdp@bsmu.by*

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

Состояние здоровья подрастающего поколения — один из основополагающих показателей благополучия общества, отражающий перспективу его развития в будущем. В связи с чем весьма актуальной является организация здоровьесбережения детей и подростков путем ранней диагностики возможных отклонений функционального состояния организма и своевременной профилактики заболеваний. При этом с каждым годом все больше внимания уделяется расширению диагностических возможностей превентивной направленности, позволяющих оценить состояние органов и систем на тканевом и клеточном уровнях, прогнозировать вероятность развития патологии с выделением целевых групп риска для обоснованного проведения оздоровительных и корригирующих мероприятий. К такого рода диагностическим технологиям относится и биоимпедансометрия — контактный метод исследования электрической проводимости биологических тканей, основанный на измерении активного и реактивного сопротивления тела человека и/или его сегментов на различных частотах, дающий возможность оценки широкого спектра морфологических и физиологических параметров организма. Выявление дисбаланса морфофункциональных показателей может служить важным прогностическим критерием риска формирования неинфекционных заболеваний.

Целью исследования являлась оценка прогностической ценности биоимпедансометрии в донозологической диагностике нарушений состояния здоровья детей организованных коллективов.

В рамках исследования путем биоимпедансометрии проведена оценка компонентного состава тела у 394 учащихся 6–11 лет общеобразовательных учреждений г. Минска. Определены уровни содержания в организме воды, белка, жира, костной и мышечной массы, скорость базового обмена

и типы телосложения организма школьников. Обработка полученных данных проводилась при помощи Microsoft Excel.

Так, одним из показателей, определяющих оптимальное функциональное состояние организма, является должное содержание в нем жидкости. Исследование показало, что ее количество в организме обследованных учащихся характеризуется значениями в пределах удовлетворительных и оптимальных величин у 34,2 % и 65,5 % лиц группы наблюдения соответственно и лишь у 0,3 % обследованных детей выявлен ее недостаток.

Важным структурным компонентом тела человека, от которого зависят степень резистентности организма, скорость и направленность процессов роста и развития, является белок. При этом определение его содержания в организме учащихся выявило дефицит практически у всех (95,4 %) обследованных лиц, в то время как оптимальное содержание белка в организме характерно всего лишь для 0,3 % детей 6–11 лет.

Для растущего организма прогностически ценным считается также установление содержания костной и мышечной массы, так как от них напрямую зависят прочность костно-мышечной системы и ее устойчивость к деформациям, состояние физического развития, уровень двигательной активности и физической подготовленности ребенка. У большинства (94,2 %) детей организованных коллективов содержание костной массы характеризуется оптимальным и удовлетворительным уровнями. В то же время у 5,8 % обследованных учащихся отмечается ее дефицит. В свою очередь, приемлемый уровень содержания в организме мышечной массы характерен лишь для 55,6 % детей 6–11 лет, у остальных отмечается ее недостаточное количество.

Дефицитное состояние важных структурообразующих компонентов тела человека, как правило, замещается жировой тканью, повышение уровня которой в организме принято считать одним из ключевых предикторов риска формирования основных неинфекционных заболеваний населения. При этом в донологии очень важна не просто констатация уровня жира в организме, а исследование баланса между содержанием жира телесного и висцерального. Так, среди обследованной когорты детей удовлетворительный уровень телесного жира выявлен всего лишь у 31,0 % лиц, избыточное его содержание различной степени выраженности имеет место у 49,4 % учащихся группы наблюдения, и у 19,6 % учащихся уровень телесного жира ниже нормы. В то же время индекс внутреннего жира у 99,0 % участников исследования соответствует приемлемому уровню. Все это указывает на отсутствие ожирения и лишь имеющийся риск его развития у детей.

Соотношение процентного содержания в организме жира и мышечной массы определяет тип телосложения. Исследованием установлено, что в группе наблюдения нормальное телосложение отмечается лишь у каждого четвертого ребенка (23,6 %). Преобладающим по распространенности является крупное телосложение (27,9 %), а также скрытое ожирение (24,4 %).

Установленные отклонения в компонентном составе тела, безусловно, сказываются на обменных процессах в организме. Так, оптимальные значения базовой скорости обмена веществ выявлены лишь у 8,1 % обследованных школьников, для большинства из них (88,6 %) характерен низкий уровень базовой скорости обмена веществ,

Таким образом, результаты проведения биоимпедансометрии позволили выявить различные отклонения в составе тела детей организованных коллективов, характеризующиеся недостаточным уровнем белка (у 95,4 % обследованных детей), дефицитом мышечной массы (у 44,4 % школьников), дисбалансом содержания телесного жира как за счет избытка, так и за счет недостатка (у 49,4 % и 19,6 % учащихся соответственно), низким уровнем базовой скорости обмена веществ (у 88,6 % участников исследования), преобладанием типов телосложения с избыточным содержанием жира и недостатком мышечной ткани (у 52,3 % детей организованных коллективов). Все перечисленные показатели служат предиктором риска формирования возможной патологии неинфекционного генеза и подтверждают прогностическую ценность метода биоимпедансометрии, достаточно высокоинформативного и при этом весьма оперативного, неинвазивного (безопасного), что значительно повышает значимость его применения как диагностического метода, позволяющего оценить базовые параметры тела в донологической диагностике состояния здоровья детей организованных коллективов.

Поступила 22.09.2023

# НАИБОЛЕЕ ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА ПРАКТИКЕ РЕГРЕССИОННЫЕ УРАВНЕНИЯ РАСЧЕТА ЖИРОВОЙ МАССЫ ТЕЛА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ, ОСНОВАННЫЕ НА ПОКАЗАТЕЛЕ ПЛОТНОСТИ ТЕЛА И ВЕЛИЧИНАХ КОЖНО-ЖИРОВЫХ СКЛАДОВ

Выборная К. В., [dombim@mail.ru](mailto:dombim@mail.ru)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Применение уравнений, основанных на антропометрических измерениях (с включением в расчет показателя плотности тела (далее — ПТ), а также размеров кожно-жировых складок (далее — КЖС)), является одним из полевых методов (при отсутствии биоимпедансного анализатора) оценки жировой массы тела (далее — ЖМТ) у детей и подростков. В данной работе описаны наиболее применяемые на практике регрессионные уравнения расчета жировой массы тела у детей и подростков, основанные на антропометрических измерениях, а именно на показателе плотности тела и величинах кожно-жировых складок (по данным литературы).

Формулы для расчета доли ЖМТ с применением показателя плотности тела начали разрабатываться довольно давно. В 1961 г. было разработано первое уравнение для взрослых индивидуумов — уравнение Siri. В 1984 г. было разработано уравнение Lohman et al., которое применялось для детей препубертатного и пубертатного возраста. В 1996 г. был опубликован целый ряд формул для определения доли ЖМТ у детей и подростков с учетом пола и возраста (Heyward, Stolarczyk) — всего 6 уравнений (два для мальчиков и девочек 7–12 лет, два для подростков обоего пола 13–16 лет и два для юношей и девушек 17–19 лет).

Для оценки доли ЖМТ по вышеуказанным формулам следует использовать показатель плотности тела. Существует как минимум два способа определения плотности тела — метод гидроденситометрии и метод регрессионных уравнений на основе измерения КЖС. В 1967 г. были опубликованы два первых регрессионных уравнения (Durnin and Rahaman) для оценки плотности тела у детей в возрасте 12–16 лет, а в 1974 г. Durnin and Womersley разработали уравнения для юношей 17–19 лет и девушек 16–19 лет. В 1972 г. Parizkova и Roth предложили по две формулы для мальчиков и девочек (отдельно для возрастных диапазонов 9–12 лет и 13–16 лет).

Также широкое применение в практике нашли следующие регрессионные уравнения, основанные на измерении КЖС:

1. Формула Matiegka в модификации Лутовиновой с соавт. (1970) — рекомендована для использования как во взрослой, так и в детской популяции (в уравнении используются величины 8 КЖС для мальчиков и 7 КЖС для девочек);

2. Формула Slaughter et al. (1988) для детей и подростков (две формулы для обоих полов; в уравнении используются величины двух КЖС);

3. Формула Goran et al (1996) для детей 4–10 лет (одна формула для детей обоих полов; в уравнении используются величины двух КЖС);

4. Dezenberg et al. (1999) для детей 4–11 лет при общем содержании жира в теле до 30 кг (одна формула для детей обоих полов, однако с учетом пола и этнической принадлежности; в уравнении используется величина КЖС трицепса);

5. Bray et al. (2001) для детей 10–12 лет (одна формула для детей обоих полов; в уравнении используются величины 4 КЖС).

Ограничением к использованию уравнений для оценки доли ЖМТ по плотности тела являются некоторые патологические состояния. В связи с тем, что вышеописанные формулы были разработаны на популяциях условно здоровых детей, прогностические формулы могут работать некорректно на индивидах с патологиями легких (показатель ПТ, измеренный методом гидростатического взвешивания), а также с недостаточной массой тела или ожирением (показатель ПТ, полученный расчетным способом на основании величин КЖС, так как погрешность измерения КЖС достаточно большая). Как правило, регрессионные формулы являются «рабочими», если использовать их на группах детей, максимально приближенных к выборке, на которой было разработано уравнение.

Поступила 20.09.2023

## ПРИЧИНЫ ПРЕКРАЩЕНИЯ ПРОДОЛЖАЮЩЕГОСЯ ГРУДНОГО ВСКАРМЛИВАНИЯ

*Гмошинская М. В., mgmsh@yandex.ru,  
Алешина И. В.*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Сохранение продолжительного грудного вскармливания рассматривается как важное условие снижения рисков для здоровья ребенка раннего возраста и формирования материнско-детских отношений. Однако при продолжительности грудного вскармливания 1,5–2 года и более возникает комплекс проблем, связанных с аффективной привязанностью ребенка к матери и трудностями в его последующей социализации.

Под наблюдением находились 74 женщины, продолжающие вскармливать детей грудью более 12 месяцев. Для уточнения вопросов, обеспечивающих продолжительность грудного вскармливания, с помощью специально разработанной анкеты был проведен опрос этих матерей. В числе вопросов анкеты, в частности, были особенности пищевого поведения ребенка, причины прекращения грудного вскармливания, способ прекращения лактации.

На основании полученных данных было выявлено, что потребность в обеспечении питания не является основной причиной прикладывания ребенка к груди матери в возрасте старше года. Только в 64 % случаев у ребенка старше года требование груди связано с вышеуказанной причиной. Чаще ребенок требовал грудь в случаях, когда он устал — 69 %, перед сном — 82 %, с целью пообщаться с мамой — 29 %. Установлены причины прекращения продолжающейся лактации: физиологическое прекращение — 30 %; по желанию матери (считает продолжительность лактации достаточной) — 35 %; заболевание ребенка — 5 %; необходимость отъезда матери — 16 %; выход на работу — 14 %; наступившая беременность — 22 %. Среди способов прекращения продолжающейся лактации наиболее часто использовалось постепенное уменьшение частоты кормлений — 76 %. В числе способов: отъезд мамы — 21 %, стягивание груди — 5 %. Следует особо отметить, что детей старше 18 мес. прикладывали к груди при уже прекратившейся лактации для успокоения, при засыпании в 2 раза чаще, чем детей от 12 до 18 мес. (63 % и 35 % соответственно). Аффективная привязанность к матери имела место в 2 раза чаще при длительности лактации свыше полутора лет по сравнению с более ранним ее прекращением.

Таким образом, прекращение прикладывания ребенка к груди, как правило, совпадает с физиологическим прекращением лактации. Молока у матери мало, и дальнейшее кормление грудным молоком нецелесообразно. Проведенное исследование свидетельствует о необходимости расширения исследования по изучению возможности развития аффективной привязанности к матери при прикладывании ребенка старше 18 месяцев к груди.

Поступила 20.09.2023

## СОВРЕМЕННЫЕ ДОШКОЛЬНИКИ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ

*Грекова Н. А., ngrekova20@gmail.com,  
Полянская Ю. Н., otdelgdp@mail.ru,  
Карпович Н. В., karpovich-nv@mail.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Глобальная информатизация современного общества не только коренным образом изменила условия обучения и воспитания, но и внесла существенные коррективы в режим дня и структуру свободного времени детей и подростков. И если интеграция современных информационно-коммуникационных технологий в образовательный процесс отвечает требованиям социального запроса, увеличивает образовательные возможности (широкий и мгновенный доступ к информационным ресурсам, визуализация информации, интеграция разных видов учебной деятельности и др.), осуществляется в соответствии с требованиями технических нормативных правовых актов

и является регламентированным процессом, контролируемым администрацией учреждений образования и надзорными органами, то внедрение электронных устройств в досуговую деятельность современных детей в настоящее время протекает стремительно и практически бесконтрольно.

Многолетний мониторинг использования электронных устройств современными детьми позволил установить неблагоприятные тенденции.

Исследование проводилось при помощи разработанной анкеты по изучению использования технических средств информатизации детьми в современных условиях жизнедеятельности, содержащей вопросы о возрасте начала пользования личным мобильным телефоном. В исследовании приняли участие воспитанники средних и старших групп учреждений дошкольного образования (далее — УДО) г. Минска и районных центров, посещавшие детский сад в разные временные периоды: в 2003–2007 гг. (1-я группа — 316 человек); в 2007–2014 гг. (2-я группа — 154 человека); в 2022 г. (3-я группа — 712 человек). Анализ полученных данных показал, что уже в начале 2000-х гг. (1-я группа) 4,4% воспитанников УДО являлись владельцами личных мобильных телефонов; подобной немногочисленностью пользователей (4,7%) охарактеризовалось и следующее поколение дошкольников (2-я группа). На современном же этапе (3-я группа) количество детей, родители которых решили, что мобильное средство связи является необходимым в дошкольном возрасте, увеличилось в 3,5 раза и достигло 15,4% ( $p < 0,001$ ). В отличие от своих сверстников 2000-х гг. современные дошкольники зачастую (13,5%) становятся владельцами личного планшета. Также есть группа детей (4,9%), которые являются счастливыми обладателями одновременно двух электронных устройств. Таким образом, в настоящее время каждый четвертый (24,0%) дошкольник ежедневно пользуется современными гаджетами. Безусловно, такое тотальное внедрение в жизнь электронных устройств изменяет структуру досуговой деятельности дошкольника, сокращая, а иногда и исключая из режима дня такие обязательные компоненты, как прогулки на свежем воздухе, полноценный сон, двигательная активность. Так, 44,5% обладателей гаджетов спят менее 10 часов в сутки; 55,5% — никогда не спят дома днем; 44,5% — вне УДО проводят на свежем воздухе менее 1 часа.

Вызывающим тревогу является факт увеличения распространенности функциональных отклонений органа зрения уже в дошкольном возрасте. Так, если нарушения органа зрения при поступлении в УДО имели 6,1% современных дошкольников (3-я группа), то за трехлетний период распространенность таких нарушений достигла 14,3% ( $p < 0,001$ ). Это свидетельствует о том, что нарушения зрения постепенно перестают считаться «школьно-обусловленной патологией», и при поступлении в учреждения общего среднего образования каждый седьмой первоклассник уже имеет функциональные отклонения зрительного анализатора.

Проблема сохранения здоровья современных детей, безусловно, нуждается в комплексном подходе, включающем совместную работу государства, учреждений образования и здравоохранения. Однако в решении вопросов бесконтрольной информатизации досуговой деятельности дошкольников главенствующая роль должна принадлежать родителям, которые зачастую являются неграмотными в вопросах электромагнитной и информационной безопасности, воспитания культуры здоровья и формирования у детей устойчивой мотивации на здоровый образ жизни.

Поступила 02.10.2023

## **ОСОБЕННОСТИ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОТДЕЛЕНИИ ГИГИЕНЫ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ ЦЕНТРА ГИГИЕНЫ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ ЛЕНИНСКОГО РАЙОНА Г. МИНСКА ЗА 2022 ГОД**

<sup>1</sup>Жуковский В. В., [lenin@minsksanepid.by](mailto:lenin@minsksanepid.by),

<sup>1</sup>Товстан О. О., [olgatovstan@gmail.com](mailto:olgatovstan@gmail.com),

<sup>1, 2</sup>Чепелев С. Н., [drserge1991@gmail.com](mailto:drserge1991@gmail.com)

<sup>1</sup>Государственное учреждение «Центр гигиены и эпидемиологии Ленинского района г. Минска», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь

Создание благоприятных и необходимых условий для охраны и укрепления здоровья детей и подростков является одной из приоритетных национальных задач в Республике Беларусь. Здоровье детей рассматривается как основа демографического, экономического и интеллектуального

потенциала страны. Сохранение и укрепление здоровья детского населения является составной частью национальной безопасности.

Практическая деятельность врача по гигиене детей и подростков — важная составляющая обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия детского и подросткового населения страны.

Специалистами отделения гигиены детей и подростков санитарной службы Ленинского района г. Минска в соответствии с постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 20.01.2022 № 3 «О государственном санитарном надзоре за подготовкой учреждений образования к 2022/2023 учебному году» осуществлялись надзорные мероприятия в период подготовки к новому учебному году учреждений образования в составе межведомственной комиссии, созданной по распоряжению администрации Ленинского района г. Минска. Проведена оценка всех учреждений образования с подписанием сертификатов готовности.

В ходе надзорных мероприятий был отмечен высокий уровень подготовки учреждений: проведены ремонты пищеблоков, территорий учреждений с заменой асфальтового покрытия; отремонтированы спортивные залы, проведен ряд других ремонтных работ. За 2022 г. приобретено новое торгово-технологическое оборудование, в том числе 4 пароконвектомата, 23 единицы холодильного оборудования.

Продолжена работа по контролю за организацией питания обучающихся в составе межведомственной комиссии по питанию.

Улучшается система организации питания детей в организованных коллективах. Горячим питанием охвачено 100% учащихся. Благодаря проводимым в районе мероприятиям по привлечению и охвату детей горячим питанием имеются положительные результаты по снижению числа заболеваний органов пищеварения. Все пищеблоки работают по системе предварительных заявок по примерному 2-недельному меню для всех возрастных категорий и сезонов года.

Особое внимание уделяется организации диетического питания у дошкольников и школьников. Во всех учреждениях образования организовано диетическое питание для детей с заболеваниями органов желудочно-кишечного тракта и пищевой аллергией. В 2022 г. 689 школьников нуждались в диетическом питании. Для 292 обучающихся с диагнозами «сахарный диабет», «фенилкетонурия», «целиакия», «лактазная недостаточность» проводилась коррекция питания. Для данных категорий детей разработаны отдельные рационы питания. В детских садах диетическое питание предоставляется для 363 воспитанников, в том числе с диагнозом «целиакия», «фенилкетонурия», «сахарный диабет».

Всего в течение 2022 г. проведено 109 мониторингов объектов гигиены детей и подростков, по выявленным нарушениям всем объектам были выданы рекомендации по устранению выявленных нарушений. Все рекомендации были выполнены в установленные сроки.

В 2022 г. по результатам многочисленных нарушений вынесены требования о приостановлении деятельности частных учреждений образования: «Средняя школа „Альтасфера“», Детский сад «Инновация», «Начальная школа „Свет знаний“». Направлено 12 информаций в заинтересованные ведомства, 7 информаций в администрацию района.

По выявленным нарушениям и проблемным вопросам своевременно информировались администрация района (направлено 15 информаций), заинтересованные ведомства (направлено 27 информаций, в том числе для принятия мер).

Лабораторными исследованиями в 2022 гг. охвачены все поднадзорные объекты отделения гигиены детей и подростков в Ленинском районе г. Минска. В рамках лабораторного контроля организации питания отобрано:

- 27 рационов (нестандартных результатов не выявлено);
- 57 образцов на содержание витамина «С» (выявлено 6 нестандартных результатов);
- 70 блюд на калорийность и химический состав (выявлено 11 нестандартных результатов);
- 733 смывов с объектов окружающей среды в пищеблоках (выявлено 37 нестандартных результатов);
- проведено 105 исследований на качество термической обработки (нестандартных результатов не выявлено).

Питание детей дошкольного и школьного возраста соответствует нормам физиологических потребностей по энергетической ценности и химическому составу, выполнение натуральных норм составляет 90–95% для всех возрастных групп детей.

Во исполнение поручений Премьер-министра Республики Беларусь реализуется республиканский пилотный проект в ГУО «Средняя школа № 24 г. Минска» по улучшению качества питания школьников, замене ассортиментного перечня в школьном буфете продукцией с низким содержанием сахара, натрия и в то же время обогащенной кальцием, железом и витаминами.

Оценка эффективности оздоровления в трех загородных оздоровительных учреждениях: о/л «Энергетик», о/л «Лесной, о/л «Дружба» — показала, что 98 % детей получили выраженный оздоровительный эффект, 2 % детей — слабый (показатели остались на уровне районных показателей прошлого года). Вспышечная инфекционная заболеваемость не регистрировалась.

Актуальными вопросами оздоровительной кампании являлись:

- комплектование квалифицированными кадрами, в том числе работниками пищеблоков, медицинскими и педагогическими работниками, их гигиеническое обучение;
- надзор за качеством питания детей, в том числе выполнение установленных норм питания, соблюдение режима и примерных рационов питания;
- работа оздоровительных организаций для детей с дневным и круглосуточным пребыванием в условиях распространения инфекции COVID-19;
- профилактическая работа по формированию здорового образа жизни детей и подростков.

Стоит также отметить, что в соответствии с принятым Законом Республики Беларусь от 14 октября 2022 г. № 213-З «О лицензировании» в ноябре 2022 г. проведена гигиеническая оценка учреждений общего среднего, дошкольного и специального образования с выдачей заключений на соответствие специфическим санитарно-эпидемиологическим требованиям.

Таким образом, необходимо продолжить осуществлять своевременный и эффективный контроль за соблюдением санитарно-эпидемиологических требований законодательства Республики Беларусь на объектах гигиены детей и подростков Ленинского района г. Минска. Особо следует отметить, что сформированный практический и накопленный научно-исследовательский опыт в области гигиены детей и подростков позволяет специалистам по разделу гигиены детей и подростков эффективно выполнять свои функциональные обязанности и обеспечивать санитарно-эпидемиологическое благополучие населения в современных условиях.

Поступила 22.09.2023

## **ИЗБЫТОЧНАЯ МАССА ТЕЛА И ОЖИРЕНИЕ У ДЕТЕЙ, ВОСПИТЫВАЮЩИХСЯ В ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ ИЗ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ, КИРПИЧА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

*Ильсцова А. Ж., aygul.jusipbaevna@mail.ru*

Научно-исследовательский институт санитарии, гигиены и профессиональных заболеваний,  
г. Ташкент, Узбекистан

Проведенное исследование физического развития детей в возрасте от 4 до 6 лет, которые посещают дошкольные образовательные организации (далее — ДОО) различной конструкции (кирпичные, быстровозводимые и железобетонные), показало высокое распространение избыточной массы тела и ожирения среди детей обоего пола.

Целью исследования явился сравнительный анализ показателей избыточной массы тела и ожирения у детей, воспитывающихся в ДОО из быстровозводимых конструкций, кирпича и железобетона.

В исследовании приняли участие 474 дошкольника в возрасте от 4 до 6 лет, которые воспитываются в ДОО из железобетона, кирпича и быстровозводимых конструкций: 231 мальчик (48,7 %) и 243 девочки (51,3 %). Из них 39,9 % детей, которые воспитывались в ДОО, построенных из кирпича, 34,2 % — из железобетона и 25,9 % — из легких металлоконструкций. Были проведены гигиенические, соматометрические, медико-статистические и аналитические методы исследования с использованием медицинских весов. У дошкольников измерялась масса тела (кг).

По результатам исследования установлено, что ожирение значительно чаще встречается у 6-летних девочек, которые воспитываются в ДОО из быстровозводимых конструкций (8,0 % случаев), чем в ДОО из кирпича (6,3 % случаев) и железобетона (3,7 % случаев). У 5-летних девочек ожирение было выявлено в 7,7 % случаев в ДОО из металлоконструкции и 8,0 % случаев в ДОО из железобетона. Стоит отметить, что среди 4-летних девочек ни в одной из групп ДОО ожирение не было зарегистрировано.

У мальчиков 6 лет ожирение также было выявлено в разных соотношениях в этих ДОО: 4,2 % в ДОО из быстровозводимых конструкций, 5,9 % в кирпичных и 5,6 % в железобетонных зданиях. У 5-летних мальчиков ожирение было обнаружено в 10,7 % случаев в ДОО кирпичной постройки

и в 4,0% случаев в ДОО из железобетона. У 4-летних мальчиков ожирение зарегистрировано в 5,3% случаев в ДОО из металлоконструкций и в 10,3% случаев в ДОО из железобетона. Однако среди 5-летних мальчиков, которые посещают ДОО из металлоконструкций и среди 4-летних мальчиков, которые посещают ДОО из кирпича, ожирение не было обнаружено.

Согласно проведенному исследованию установлено, что девочки в возрасте 6 лет, посещающие ДОО из железобетона, имеют избыточную массу тела в 11,0% случаев. Зафиксировано 8,3% случая избыточной массы тела среди девочек, воспитывающихся в ДОО из кирпича, а в ДОО из металлоконструкций этот показатель составлял 4,0%. В результате исследований 5-летних девочек было установлено, что избыточная масса тела отмечается у 12,0% посещающих ДОО из железобетона, у 4,5% девочек в ДОО из быстровозводимых конструкций и у 7,7% — в ДОО из кирпича. Аналогичные исследования проводились среди 4-летних девочек. В ДОО из железобетона и кирпича избыточная масса тела была выявлена у 10,5% и 9,5% девочек соответственно.

Среди 6-летних мальчиков, посещающих ДОО из кирпича, была зафиксирована избыточная масса тела у 19,6%, в то время как у мальчиков, посещающих ДОО из быстровозводимых конструкций, данный показатель составил 8,3%. При анализе данных 5-летних мальчиков, посещающих ДОО из кирпича, отмечается в 14,3% случаев избыточная масса тела, в то время как в ДОО из быстровозводимых конструкций данный показатель составил 11,0%, а у мальчиков, посещающих ДОО из железобетона, данный показатель составил 8,0%. У 4-летних мальчиков с избыточной массой тела в ДОО из железобетона данный показатель составлял 24,0%, а в ДОО из кирпича — 15,8%.

Результаты исследования показали, что в зависимости от типа строительных материалов, используемых при возведении зданий ДОО, дети имеют различные риски развития ожирения и избыточной массы тела. Эта информация полезна для разработки мер по профилактике ожирения у детей, особенно в тех ДОО, где обнаружено наибольшее количество случаев избыточной массы тела.

## **ТЕМПЫ ПРИРОСТА АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ДОШКОЛЬНИКОВ, ВОСПИТЫВАЮЩИХСЯ В ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ, ПОСТРОЕННЫХ ИЗ РАЗНЫХ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ**

*Ильясова А. Ж., aygul.jusipbaevna@mail.ru*

Научно-исследовательский институт санитарии, гигиены и профессиональных заболеваний,  
г. Ташкент, Узбекистан

Для формирования здоровой, развитой личности ребенка большое значение имеют условия его пребывания в детских образовательных организациях (далее — ДОО), которые должны создавать благоприятные условия для гармоничного развития детей и формирования здорового образа жизни.

Целью проведенного исследования явилась сравнительная оценка темпов прироста по массе и длине тела, а также окружности грудной клетки у детей, воспитывающихся в дошкольных образовательных организациях, построенных из разных строительных материалов.

Объектами исследования стали ДОО, построенные из быстровозводимых конструкций, железобетона и кирпича. Всего было изучено 8 ДОО, включая 3 здания, построенные из быстровозводимых конструкций, 3 кирпичных и 2 железобетонных, размещенные в различных районах города Ташкента (Алмазарский, Шайхонтохурский район), а также в Сариосийском районе Сурхандарьинской области. Обследовано 474 детей в возрасте от 4 до 6 лет: 231 мальчик (48,7%) и 243 девочки (51,3%). Из них 39,9% детей, которые воспитывались в ДОО, построенных из кирпича, 34,2% — из железобетона и 25,9% — из быстровозводимых конструкций. Были проведены гигиенические, соматометрические, медико-статистические и аналитические методы исследования с использованием ростомера, сантиметровой ленты и медицинских весов. У дошкольников были измерены основные соматометрические показатели: масса тела (кг), длина тела (см), окружность грудной клетки (см).

По результатам исследования у девочек в возрасте 4–6 лет, которые посещали быстровозводимые ДОО, общий прирост длины тела составил 12,9 см. В то же время у девочек, которые посещали детские сады из железобетона и кирпича, этот показатель составил соответственно 13,3 и 15,6 см. У мальчиков общий прирост длины тела в группе ДОО модульного типа составил 10,6 см, в детских садах из железобетона — 10,8 см, а из кирпича — 14,3 см. Следующий аспект, рассмотренный в ис-



следовании, — годовой прирост длины тела у 6-летних мальчиков. В группе, где ДОО были построены из быстровозводимых конструкций, этот показатель составил в среднем 5,25 см, в то время как в группах ДОО из железобетона и кирпича прирост составил соответственно 5,45 и 7,65 см.

При сравнении детей в возрасте от 4 до 6 лет между мальчиками и девочками были выявлены различия темпов прироста массы тела. Среди мальчиков, которые посещали ДОО из железобетона, общий прирост массы тела составил 2,3 кг, что является самым низким результатом среди всех групп. У девочек этой же группы прирост массы тела составил 4,6 кг. У мальчиков из группы ДОО из кирпича прирост массы тела был самым высоким — 5,0 кг, а у девочек из этой же группы прирост массы тела составил 4,6 кг, что равно результату у девочек, посещающих ДОО из железобетона. В ДОО, построенных из быстровозводимых конструкций, прирост массы тела у мальчиков составил 3,4 кг, а у девочек этой же группы — 3,9 кг.

Следует отметить, что общий прирост окружности грудной клетки у детей обоего пола, воспитывающихся в быстровозводимых ДОО, составил 3,3 см. В ДОО, построенных из железобетона, прирост окружности грудной клетки у девочек составил 3,9 см, а у мальчиков — 1,9 см. В ДОО из кирпичей прирост окружности грудной клетки у девочек составил 5,2 см, а у мальчиков — 4,2 см.

Результаты исследования указывают на существование различий в физическом развитии детей в зависимости от типа и материала строительства ДОО. Данные показатели прироста длины тела и массы тела могут служить для определения условий в ДОО, которые оказывают влияние на физическое развитие детей.

Поступила 25.08.2023

## **ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ И ИНТЕРНЕТА НА ЗДОРОВЬЕ ГЛАЗ ДЕТЕЙ**

*Курбанбаева А. Ж., докторант (PhD), amangulkurbanbaeva2@gmail.com*

Научно-исследовательский институт санитарии, гигиены и профессиональных заболеваний,  
г. Ташкент, Узбекистан

Известно, что использование цифровых устройств (далее — ЦУ), таких как компьютер, планшет, смартфон и другие гаджеты, а также постоянное нахождение в социальных сетях может негативно повлиять на здоровье глаз, зрение детей и подростков. Отмечается, что длительное экранное время может вызывать такие симптомы, как жжение, боль, помутнение зрения, а также может вызвать «компьютерный зрительный синдром». Синдром компьютерного зрения — это совокупность проблем со зрением и глазами, которые могут включать зрительное напряжение, головные боли, дискомфорт в глазах, сухость глаз, двоение и нечеткость зрения, обусловленные длительным использованием компьютера или смартфонов. Следовательно, гигиеническая оценка влияния ЦУ и интернета на здоровье глаз является актуальной проблемой.

Цель работы — оценка влияния ЦУ и Интернета на здоровье глаза и его придаточного аппарата учащихся.

Проведено анкетирование учащихся общеобразовательных школ г. Ташкента в возрасте от 11 до 17 лет для изучения влияния использования ЦУ и интернета на функциональное состояние органа зрения. Статистический анализ выполнен с использованием пакета программ Microsoft Excel 2016 и Statistica 10.0. Для определения достоверности разности средних величин использовали t-критерий Стьюдента.

Статистические данные, полученные в результате проведенного опроса, указывают на влияние времени, затрачиваемого на использование компьютеров (ЦУ) и интернета, на здоровье учащихся, и в частности на состояние глаз и их придаточного аппарата. Учащиеся ( $25,3 \pm 1,96\%$ ), превышающие рекомендуемую норму по времени использования ЦУ и интернета, в 1,3 раза чаще страдают болезнями глаз и их придаточного аппарата по сравнению с детьми ( $19,4 \pm 1,96\%$ ), которые следуют рекомендациям в использовании таких устройств ( $p < 0,05$ ). Данные, полученные в ходе опроса, свидетельствуют о болезнях, связанных с глазами и их придаточным аппаратом, с которыми сталкиваются учащиеся, превышающие ( $47,7 \pm 2,25\%$ ) и не превышающие ( $36,6 \pm 2,38\%$ ) рекомендуемые нормы по времени использования ЦУ и интернета (усталость глаз, боли в области глаз). Также выявлено, что у  $25,1 \pm 1,96\%$  учащихся, которые превышают рекомендуемые нормы по времени использования ЦУ и интернета, и  $19,8 \pm 1,97\%$  не превышающих рекомендуемые нормы по времени

использования ЦУ и интернета проявлялась расплывчатость изображения ( $p < 0,05$ ). В анкетах  $14,5 \pm 1,59\%$  учащихся, которые не следуют рекомендациям по использованию ЦУ и интернета, и  $12,5 \pm 1,64\%$  тех, которые следуют рекомендациям, указали на ощущение мелькания перед глазами. Кроме того, ощущение песка в глазах было отмечено у  $13,8 \pm 1,56\%$  учащихся, превышающих рекомендуемую норму, и  $8,8 \pm 1,40\%$  не превышающих рекомендуемую норму ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, исследования в области использования ЦУ и интернета показывают, что учащиеся, которые слишком много времени проводят за экранами гаджетов, имеют больший риск болезней глаз, таких как усталость, боли в глазах, расплывчатость изображения и ощущение песка в глазах. Таким образом, общие результаты исследования указывают на значительную связь между превышением нормы использования ЦУ и болезнями глаз и их придаточного аппарата у учеников. Поэтому важно соблюдать некоторые меры предосторожности при работе с экраном. Например, рекомендуется делать регулярные перерывы, чтобы отдохнуть глазам и снизить напряжение. Также важно соблюдать расстояние между глазами и экраном, чтобы исключить возможные проблемы с фокусировкой. Важно принять меры для профилактики и снижения негативного воздействия ЦУ на здоровье детей. Необходимо своевременно обращаться к специалисту для диагностики возможных рисков проявлений заболеваний глаза и их придаточного аппарата.

Поступила 25.08.2023

## ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРУКТУРЫ И ОРГАНИЗАЦИИ ПИТАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ

*Новикова И. И., д. м. н., профессор, novik\_ir70@rambler.ru,  
Романенко С. П., к. м. н., romanenko\_sp@niig.su*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека», г. Новосибирск, Россия

Мониторинг питания школьников и принятие действенных управленческих решений по улучшению питания должны стать действенной системой выхода из сложившейся проблемы эпидемиологической распространенности избыточной массы тела и ожирения у школьников. На фоне стабильного, на протяжении более 30 лет, роста распространенности ожирения у детей и подростков, регистрируемого по обращаемости за медицинской помощью, результаты выборочных исследований также подтверждают эту проблему. Так, удельный вес школьников с ожирением и избыточной массой тела по итогам исследований, проведенных в рамках национального проекта «Демография» в 2023 г., составил порядка 27 %, при этом распространенность ожирения и избыточной массы тела у отцов обучающихся была в 1,5 раза выше таковой у матерей и составила более 70 %.

В качестве ключевых причин нездорового пищевого поведения необходимо назвать следующие: низкую мотивационную активность родителей к здоровому питанию на практике; чрезмерные по объему и калорийности ужины; излишнее потребление блюд с повышенным содержанием усилителей вкуса и насыщенных жирных кислот; сокращение в структуре питания основных приемов пищи и увеличение количества перекусов, в том числе с преимущественным использованием пищевых продуктов с низкой биологической ценностью; стресс; гиподинамию.

Основное организованное питание в общеобразовательных организациях сегодня по большинству критериев, как правило, отвечает принципам здорового питания. Вместе с тем есть отдельные организационные аспекты, которые существенно снижают его востребованность, особенно среди обучающихся старших возрастных групп. В том числе это отсутствие вариативности меню, дефицит времени на прием пищи, нерациональный режим питания, несоблюдение температурного режима выдаваемых блюд, многолюдность в столовой. Остается несовершенной структура ассортимента предложений дополнительного питания, в которой по-прежнему лидируют напитки с добавлением сахара, соки, выпечные и кондитерские изделия. Вместе с тем в структуре выбора школьников произошли существенные изменения — на второе ранговое место вышли гарниры и каши. Оценка предпочтений свободного выбора блюд и продуктов респондентами (вне дома и общеобразовательной организации) позволила выявить три лидирующие позиции — вода питьевая, хлебобулочные и кондитерские изделия, соки и нектары.

В структуре предложений респондентов по улучшению организации школьного питания в 2022/2023 учебном году преобладали: организация питания с возможностью выбора отдельных блюд обучающимися; организация питания по типу «шведский стол»; увеличение продолжительности перемен для приема пищи до 30 минут и более.

В ходе анкетирования директоров школ были выявлены отдельные типовые управляемые факторы риска нарушений здоровья обучающихся, связанные с несовершенством организации питания: низкий охват горячим питанием обучающихся 5–11 классов; недостаточный охват горячим питанием детей, находящихся в общеобразовательной организации более 6 часов, в том числе вынужденных обучаться на подвозе; несовершенство организации индивидуализированного питания с учетом особенностей здоровья; дефицит фруктов и овощей в рационе питания.

Таким образом, система школьного питания требует коррекции в части повышения ее востребованности потребителями как в части основного, так и дополнительного питания, а также выстраивания эффективной системы взаимодействия с родителями по формированию у детей навыков и потребности в здоровом питании.

Поступила 06.09.2023

## **БИОИМПЕДАНСОМЕТРИЯ В ОЦЕНКЕ НАРУШЕНИЯ НУТРИТИВНОГО СТАТУСА У ДЕТЕЙ С ВОСПАЛИТЕЛЬНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ КИШЕЧНИКА**

<sup>1,2</sup>Пронина И. Ю., *krapchatovaiv@yandex.ru*,

<sup>1,3</sup>Макарова С. Г., д. м. н., профессор, *sm27@mail.ru*,

<sup>1,4</sup>Потапов А. С., д. м. н., профессор, *potapov@nczd.ru*,

<sup>1</sup>Анушенко А. О., *anoushenko@nczd.ru*,

<sup>1</sup>Ясаков Д. С., к. м. н., *yasakov@nczd.ru*

<sup>1</sup>Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», г. Москва, Россия;

<sup>4</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия

Нарушение нутритивного статуса детей с воспалительными заболеваниями кишечника (далее — ВЗК) имеет многофакторный генез и требует учета при построении индивидуального плана питания.

Цель — оценить эффективность применения биоимпедансного анализа состава тела для определения состояния питания детей с ВЗК.

В исследование были включены дети, находившиеся на лечении в гастроэнтерологическом отделении с гепатологической группой ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации с диагнозами болезнь Крона (K50 по МКБ-10) и язвенный колит (K51 по МКБ-10). Оценка физического развития детей проводилась с помощью специализированного пакета прикладных программ ВОЗ Anthro и Anthro Plus (WHO AnthroPlus for personal computers Manual, 2009, WHO Multicenter Growth Reference Study Group, 2006). Компонентный состав тела изучался методом биоимпедансометрии (биоимпедансный анализатор ABC-01 «Медасс»). Статистический анализ данных проводился при помощи пакета статистических программ Statistica 13.3. (StatSoft, USA).

Обследовано 65 детей с ВЗК: с болезнью Крона (далее — БК) — 30 пациентов (из них 19 мальчиков), средний возраст 15 лет 5 мес. ± 2 года 3 мес., с язвенным колитом (далее — ЯК) — 35 пациентов (из них 23 мальчика), средний возраст 11 лет ± 4 года 1 мес. В целом частота недостаточности питания у детей с БК оказалась статистически значимо выше, чем у детей с ЯК (63,3 % про-

тив 22,8%;  $p = 0,001$ ). Легкая степень недостаточности питания выявлена у 40 % пациентов с БК и у 14,3 % с ЯК ( $p = 0,02$ ), умеренная степень недостаточности питания — только у пациентов с БК в 20 % случаев, тяжелая степень недостаточности питания — у 3,3 % пациентов с БК и 8,6 % с ЯК. Избыточной массы тела и ожирения у детей в наблюдаемых группах не выявлено. По данным оценки компонентного состава тела установлены особенности нутритивного статуса детей с ВЗК, которые значимо чаще выявлялись у детей с БК в сравнении с детьми с ЯК. Так, снижение таких показателей, как удельный основной обмен (60 % против 25,7%;  $p = 0,006$ ) и активная клеточная масса (53,3 % против 25,7%;  $p = 0,026$ ), свидетельствует о дефиците белковой компоненты питания, который может быть вызван как общим недостатком белка в рационе, так и особенностями заболевания. Статистически значимо чаще у детей с БК выявлялось также снижение тощей массы (53,3 % против 22,8%;  $p = 0,013$ ) и скелетно-мышечной массы (33,3 % против 2,8%;  $p = 0,001$ ). Снижение фазового угла у 6 детей с БК (20%) и у 9 детей с ЯК (25,7%) говорит о состоянии гиподинамии у обследованных детей. Повышение жировой массы тела при нормальном индексе массы тела выявлено у 6 детей с БК (20%) и 9 детей с ЯК (25,7%), что в большинстве случаев было связано с применением глюкокортикоидов.

Таким образом, дети с болезнью Крона имеют более выраженные нарушения антропометрических показателей и показателей состава тела в сравнении с больными язвенным колитом. Применение метода биоимпедансометрии в оценке нутритивного статуса детей с ВЗК позволяет оценить показатели состава их тела, что дает возможность более точной и эффективной коррекции рациона питания у этой категории детей.

Поступила 06.09.2023

## **РОЛЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ**

*Тармаева И. Ю., д. м. н., профессор, tarmaeva@ion.ru,  
Коростелева М. М., к. м. н., korostel@bk.ru*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Перед мировой и отечественной нутрициологией стоит важнейшая задача повышения качества жизни населения, снижения уровня заболеваемости и смертности от социально значимых алиментарно-зависимых заболеваний (далее — АЗЗ), их ранней диагностики и профилактики.

Здоровое питание — важнейшая составляющая качества жизни, под которым понимается интегральный показатель психического, физического и социального функционирования человека. При этом нарушение структуры питания, неоптимальный пищевой статус являются основной причиной увеличения распространенности АЗЗ, таких как сердечно-сосудистые, онкологические, сахарный диабет, ожирение, подагра, остеопороз. В настоящее время более половины случаев смертности в Российской Федерации приходится на данные патологии, в том числе на болезни системы кровообращения — 47 % смертей, новообразования — 16 %.

Не вызывает сомнения, что в сохранении и поддержании здоровья человека ведущая роль принадлежит здоровому образу жизни, и в частности фактору питания. Доказано, что основным путем снижения распространенности АЗЗ является внедрение профилактических мероприятий, направленных на повышение информированности о принципах оптимального питания и популяризацию здорового образа жизни, в том числе путем реализации образовательных программ.

Комплекс просветительных мероприятий в области здорового питания для детей и молодежи имеет первостепенное значение. Формирование культуры здорового питания должно начинаться с самых первых дней жизни ребенка, а еще логичнее — с момента предконцептуальной подготовки будущих родителей, и продолжаться на протяжении всех лет обучения с учетом возрастного подхода. Повышение компетенции специалистов по вопросам питания и населения в целом представляется наиболее эффективным и наименее затратным рычагом обеспечения здоровьесбережения.

В связи с этим созданному в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» образовательному кластеру «Здоровое питание» уделяется особое внимание. Он включает систему дифференцированных программ как для специалистов (медицинские, педагогические работники, работники агропро-

мышленного комплекса и др.), так и для разных групп населения с учетом возраста, гендерных особенностей, профессиональных навыков, уровня физической активности и показателей здоровья. За 2017–2022 гг. было реализовано более 7000 образовательных мероприятий в области нутрициологии и диетологии, разработаны учебные пособия для обучения принципам здорового питания подростков.

При разработке образовательных программ необходимо соблюдать следующие принципы формирования здорового питания: научная обоснованность и практическая целесообразность; возрастная адекватность; необходимость и достаточность информации; модульность структуры; системность и последовательность; вовлеченность семьи в реализацию программы.

Поступила 20.09.2023

## СТАНДАРТИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

*Хамцова Р. В., r.v.hamtsova@samsmu.ru,*

*Гаврюшин М. Ю., к. м. н., доцент, m.yu.gavryushin@samsmu.ru,*

*Абдалова С. Р., s.r.trubeckaya@samsmu.ru*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Россия

Одним из кризисных этапов в жизни ребенка является переход из дошкольного образовательного учреждения в первый класс школы. Начало обучения в общеобразовательной организации приводит ребенка к возрастающим интеллектуальным, эмоциональным и физическим нагрузкам, изменению микросоциальных условий и режима дня. Стрессогенность образовательной среды приводит многих детей к напряжению регуляторных систем организма — начальному уровню развития дезадаптации к учебному процессу. По данным современных исследований особенностей течения адаптации и динамики состояния здоровья сегодняшних школьников, наблюдается резкое уменьшение числа детей без функциональных и психических отклонений на фоне роста школьно-обусловленных заболеваний и невротических реакций.

Ввиду наблюдаемых негативных тенденций необходима более эффективная организация донозологического подхода в контроле за состоянием здоровья детей — заблаговременное обследование детей до начала школьного обучения, на этапе формирования компонентов школьной зрелости. Эффективным индикатором здоровья ребенка и влияния на него эндогенных и экзогенных факторов при этом становится физическое развитие как комплекс морфофункциональных параметров организма и условная мера его физической дееспособности. Однако при оценке физического развития детей и подростков возникает вопрос касательно выбора нормативов — несмотря на широкое распространение международных стандартов, последние научные публикации указывают на наличие регионарных сценариев в развитии детей, а также на необходимость их регулярной актуализации.

Целью исследования явилось сравнение международных и региональных стандартов физического развития детей дошкольного возраста.

Проведено одномоментное исследование физического развития 1716 детей 2–7 лет дошкольных образовательных организаций города Самара. Для оценки физического развития по международным нормативам ВОЗ использовалось число стандартных отклонений ( $z$ -score), по регионарным нормативам — построение шкал регрессии. Статистическая обработка полученных результатов проводилась в программе IBM SPSS Statistics 28 и включала в себя определение среднего значения исследуемых параметров физического развития ( $M$ ), стандартной ошибки среднего значения ( $m$ ) и среднеквадратического отклонения ( $\sigma$ ).

Установлено, что при использовании в оценке физического развития метода шкал регрессии у детей чаще выявляются отклонения в антропометрических параметрах. Так, низкорослость выявляется у 15,0% детей (1,7% по международным стандартам ВОЗ), высокий рост — у 10,1% (5,8% по ВОЗ), дефицит массы тела — у 9,1% (2,6% по ВОЗ). При этом использование международных стандартов незначительно чаще показывает избыток массы тела — у 5,9% обследованных детей (при использовании регионарных стандартов — у 5,7%).

Таким образом, международные стандарты содержат значения, которые желательны для детей, проживающих в оптимальных условиях, а не актуальные нормы развития для популяции детей конкретных территорий. Наличие регионарных особенностей физического развития детей ставит современное здравоохранение перед необходимостью разработки отдельных стандартов для каждого региона с учетом этнических, экономических и климатических особенностей.

Поступила 15.09.2023

## **РЕЗУЛЬТАТЫ АНКЕТИРОВАНИЯ УЧАЩИХСЯ ПО ВОПРОСАМ САМООЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ В РАМКАХ ПРОЕКТА «ШКОЛА — ТЕРРИТОРИЯ ЗДОРОВЬЯ»**

*Шинкарева Н. В., bobr@cge.by,  
Казеко А. М., bobr@cge.by,  
Шпаковский И. И., bobr@cge.by,  
Полищук К. Е., bobr@cge.by*

Учреждение здравоохранения «Бобруйский зональный центр гигиены и эпидемиологии»,  
г. Бобруйск, Республика Беларусь

Школа должна не только обеспечивать детей необходимыми знаниями, но и быть безопасной средой, минимизирующей развитие так называемых «школьных болезней», в том числе психоэмоциональных нагрузок, путем внедрения здоровьесберегающих методик в систему обучения и воспитания школьников и родителей.

Успешному решению данных задач способствуют внедрение и реализация в школах проекта «Школа — территория здоровья» в соответствии с Государственной программой «Здоровье народа и демографическая безопасность» на 2021–2025 годы.

Известно, что большую часть дня дети проводят в школе, где на ребенка ложится немалый груз ответственности в виде учебной нагрузки, выполнения домашних заданий, требований к внешнему виду, поведению и т. д. Ребенок не всегда может правильно распределять свое время, расставлять приоритеты, не умеет владеть своими эмоциями. Все это негативно сказывается на внутреннем состоянии ребенка, появляются проблемы, связанные с психоэмоциональной сферой, которые, в свою очередь, приводят к различным психосоматическим патологиям, что влияет на посещаемость и эффективность усвоения учебного материала, а соответственно на успешность обучения.

Эффективность проводимой работы в рамках создания здоровьесберегающей среды школьника анализируется и оценивается специалистами.

Одним из показателей оценки эффективности является состояние здоровья учащихся по данным самооценки. В связи с этим на основании Методики оценки эффективности реализации межведомственного информационного проекта «Школа — территория здоровья» (приложение к письму Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 05.12.2019 № 7-16/17995) специалистами Бобруйского зонального центра гигиены и эпидемиологии было проведено анкетирование среди учащихся школ г. Бобруйска — участниц данного проекта. В опросе приняли участие 2009 респондентов, включая родителей учащихся начальных классов.

Анкета по выявлению жалоб на состояние здоровья отражала субъективные жалобы на наличие функциональных нарушений и хронических заболеваний органов пищеварения, дыхания, расстройств центрального и вегетативного отделов нервной системы, органа зрения, опорно-двигательного аппарата, на снижение иммунитета. Анкету для учащихся 1–4 классов заполняли родители, учащиеся 5–11 классов работали с анкетой самостоятельно.

По результатам анкетирования родители 51 % учащихся начальных классов указали на «трудное пробуждение по утрам», у 48 % ребят отмечаются «страхи различного характера» (контрольных работ и опросов у доски, темноты, собак и др.). Половина (50 %) младших школьников часто болеют простудными заболеваниями.

Опрос учащихся средних и старших классов выявил следующие функциональные нарушения со стороны психоэмоциональной сферы: 60 % ребят жалуются на «слабость, утомляемость после занятий в школе» и 58 % на «трудное пробуждение по утрам», а «частые колебания настроения» наблюдают у себя 52 % школьников.

Анализ полученных данных показал, что из функциональных нарушений ведущих систем организма, возникающих в школьном возрасте, следует особо отметить невротические реакции (плаксивость, раздражительность). Эти изменения чаще встречаются у учащихся старших классов и связаны, возможно, с их учебной перегрузкой, как основной, так и дополнительной после занятий — посещение факультативов, репетиторов.

К сожалению, весьма распространенными среди школьников старшего возраста (43 %) являются жалобы на частое ощущение «усталости глаз», что неизменно ведет к формированию или усугублению нарушений органа зрения.

Головные боли после посещения школы испытывают 39 % опрошенных старшеклассников, а у каждого третьего учащегося начальной школы (29 %) родители отмечают «ухудшение аппетита». Также 36 % из числа опрошенных старшеклассников и каждый третий учащийся начальной школы (30 %) жалуются на боли в животе «натощак (чаще до еды)».

Каждый школьник — уникальная личность, а значит, даже самая, на первый взгляд, незначительная проблема может таить в себе совершенно непредсказуемую причину.

Проанализировав данные анкетного опроса «Анкета по выявлению жалоб на состояние здоровья», можно сделать вывод о том, что учащиеся школы, находясь в критическом периоде своего физического, когнитивного и социального развития, требуют пристального внимания всех участников образования учебного процесса, как со стороны системы образования, здравоохранения, так и со стороны родителей.

Поступила 25.08.2023

## Раздел 5

# ГИГИЕНА ПИТАНИЯ. СТАТЬИ

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТАВА ТЕЛА И СУТОЧНЫХ ЭНЕРГОТРАТ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПИТАНИЯ СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

Борисевич Я. Н., к. м. н., доцент, [borisevichyn@bsmu.by](mailto:borisevichyn@bsmu.by),  
Чуешкова С. С.

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

Пищевой рацион спортсмена должен быть сформирован с учетом особенностей организма, обусловленных половозрастными, антропометрическими данными, характеристиками состава тела, характером и продолжительностью тренировочных занятий, условиями проживания и пищевыми привычками. К циклическим видам спорта относятся: бег, плавание, велоспорт, лыжные гонки, гребля и триатлон. Данные виды спорта становятся в последнее время все более популярными. Их отличительными чертами являются продолжительные и тяжелые физические нагрузки, что требует от организма выносливости. Основным источником энергии в организме при таком виде физической активности является аэробное окисление углеводов и жиров. Суточные энергозатраты в таких видах спорта могут достигать 5000–6000 ккал в сутки. Большая длительность тренировок и соревнований от 2–3 до 6–12 часов в сутки зачастую не оставляет спортсмену достаточно времени для принятия и усвоения адекватного количества энергии с пищей для поддержания энергетического баланса, что соответственно может приводить к дефициту энергии и изменениям в составе тела.

Целью настоящей работы явилось определение данных состава тела и основного обмена у спортсменов циклических видов спорта для формирования индивидуального пищевого рациона.

Объектом исследования являлись 29 молодых спортсменов из сборных команд, занимающихся триатлоном и плаванием: 20 мужчин и 9 женщин.

Показатели массы, длины и индекса массы тела установлены с использованием рутинных соматометрических методов. Определение жировой массы проводилось калиперометрически. Уровень основного обмена рассчитывался по формуле Katch — McArdle. Величина суточных энергозатрат рассчитывалась с использованием коэффициента физической активности и данных пульсометрии [1]. Анализ данных осуществлялся с использованием методов описательной статистики и определением критерия Манна — Уитни.

Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Соматометрические, соматоскопические показатели и показатели энергетического обмена спортсменов циклических видов спорта (медианы и межквартильный размах)

Показатель	Плавание		Триатлон	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины
Возраст, лет	27,5 (21,8–48,3)	19 (18,3–20,5)	20,0 (18,0–20,0)	19,0 (16,5–19,5)
Масса тела, кг	80,5 (74,3–85,0)	58,0 (49,2–63,0)	70,0 (66,5–71,0)	58,0 (55,5–58,0)
Длина тела, см	182,0 (178,8–187,8)	165,5 (162,8–170,5)	184,0(182,0–184,0)	170,0 (165,5–170,0)
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	22,2 (23,9–24,9)	19,7 (19,3–20,9)	21,2 (19,9–21,3)	20,4 (20,3–20,5)
Доля жировой массы тела, %	7,4 (6,2–9,6)	6,9 (6,4–7,6)	3,7 (3,5–3,7)	6,5 (5,8–6,7)
Основной обмен, ккал/сут	1916 (1840–2010)	1552 (1374–1637)	1822 (1754–1845)	1558 (1498–1558)
Удельный основной обмен, ккал/кг тощей массы тела × ч	1,12 (1,10–1,13)	1,18 (1,12–1,23)	1,13 (1,13–1,14)	1,18 (1,16–1,20)



Показатель	Плавание		Триатлон	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины
Суточные энерготраты в тренировочный период, ккал/сут	4342 (3580–4689)	3052 (2642–3225)	3349 (3008–3415)	3037 (2925–3233)
Среднесуточный коэффициент физического активности	2,0	2,1	2,3	2,1

Индекс массы тела у спортсменов соответствует физиологическим нормам (20–25 кг/м<sup>2</sup>).

Обращает на себя внимание низкое значение доли жировой массы у мужчин, занимающихся триатлоном, — данный показатель находится около минимально возможного предела доли жировой массы тела у здоровых активных мужчин 4–6% [3], что обусловлено максимальной величиной коэффициента физической активности среди всех обследованных групп спортсменов — 2,3.

В период летних тренировочных сборов, когда продолжительность тренировок увеличивается практически вдвое, величина суточных энерготрат у обследованных спортсменов-триатлонистов может достигать 3800–4200 ккал/сут.

На основании полученных данных о среднесуточных энерготратах и на основании международных рекомендаций по спортивному питанию [2] для спортсменов разрабатывались индивидуальные варианты недельных меню-раскладок, исходя из условий их проживания и пищевых привычек. Один из вариантов меню представлен в таблице 2.

Таблица 2 — Пример пищевого рациона с энергетической ценностью около 4000 ккал

Название продукта	Характеристика продукта				
	масса, г	энергетическая ценность, ккал	содержание		
			белков, г	жиров, г	углеводов, г
Завтрак		731	16,1	22,8	109
Перловая каша на воде	200	224	6	0,8	44
Хлеб белый	80	203	9	3	38
Масло сливочное	20	149	0,1	16	0,2
Чай с 1 чайной ложкой сахара	250	25	0	0	6,8
Мюсли	35	130	1	3	23
Перекус		754	20,6	26,5	117
Груша свежая	140	82	0,6	0,5	19
Пирожок с творогом	200	580	20	26	75
Сок мультифрукт	200	92	0	0	23
Обед		1402	43	32	240
Молочный суп	300	297	11	9	41
Рис белый на воде	250	294	7	1	63
Отбивная из куриной грудки	100	178	19	11	7
Салат из свежей капусты	250	182	5	11	18
Зефир бело-розовый	140	451	1	0	111
Полдник		397	7	4	83
Шарлотка с яблоками	150	313	7	4	62
Сок яблочный	200	84	0	0	21
Ужин		693	16	43	58
Пюре картофельное с маслом	150	111	2	3	14
Котлета свиная	100	310	14	28	6
Чай черный с лимоном и 1 чайной ложкой сахара	250	30	0	0	8
Шоколадный батончик	50	242	4	12	30
Итого		3977	102,7	128,3	607
Доля белков, жиров и углеводов от суточной энергетической ценности пищевого рациона, %			10	29	61

В результате исследования установлено, что величина удельного основного обмена у молодых спортсменов циклических видов спорта составляет 1,12–1,18 ккал/кг тощей массы тела в час.

Доля жировой массы тела при этом находится вблизи минимальных физиологических значений — 3,7–7,4% массы тела. Это следует учитывать при индивидуализации питания спортсменов высокого уровня, занимающихся циклическими видами спорта, с целью профилактики продолжительного дефицита энергии в организме.

## Литература

1. Метод гигиенической оценки статуса питания спортсменов игровых видов спорта: инструкция по применению № 006–0514: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 02.06.2014 / разработ.: Х. Х. Лавинский, Я. Н. Борисевич. — Минск, 2014. — 17 с.

2. Теоретические предпосылки к разработке индивидуального питания спортсменов / Г. А. Азизбеян [и др.] // Вопр. питания. — 2009. — Т. 78, № 2. — С. 73–76.

3. Lower limit of body fat in healthy active men / K. E. Friedl [et al.] // Journal of applied physiology. — 1985. — Vol. 77, № 2. — P. 933–940.

Поступила 25.09.2023

## СОВРЕМЕННЫЕ ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ОРГАНИЗАЦИИ ПИТАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКИХ ШКОЛЬНИКОВ

*Гаджиева Гариба Мансур кызы, к. м. н., доцент, gariba.hajiyeva@mail.ru,  
Исламзаде Илаха Фаиз кызы, к. м. н., ilaheislamzade@gmail.com*

Азербайджанский медицинский университет, г. Баку, Азербайджанская Республика

Результаты научных исследований свидетельствуют о том, что в процессе обучения наблюдается ухудшение состояния здоровья детей школьного возраста [1, 3]. Одним из приоритетных факторов, определяющих рост и развитие детей и подростков, устойчивость организма к воздействию инфекций, токсинов и других неблагоприятных факторов внешней среды, риск развития алиментарно-зависимых заболеваний, формирование и реализацию адаптационного потенциала является рациональное и сбалансированное питание. Наиболее актуальна данная проблема в период получения образования, поскольку в этот период происходит наиболее интенсивный рост и развитие, формируются основные физиологические, метаболические, иммунологические механизмы, определяющие здоровье [2].

В Азербайджанской Республике в общеобразовательных учреждениях дети и подростки проводят ежедневно 6–8 часов на протяжении 11 лет жизни, и поэтому весьма важной является организация рационального и сбалансированного питания в школе. До 90-х гг. прошлого века в школах Азербайджана, так же как и других республик Советского Союза, была организована система школьного питания. Однако за последние 30 лет данная система претерпела существенные изменения. Для разработки мероприятий, направленных на сохранение здоровья детей в процессе получения образования, актуальным является изучение особенностей организации питания азербайджанских школьников.

Цель исследования: изучить современные особенности организации школьного питания в Азербайджанской Республике.

Нами проведен анализ действующих нормативных документов, определяющих требования к организации школьного питания, а также проанализированы научные исследования, характеризующие организацию питания детей школьного возраста Азербайджанской Республики.

В ходе исследования установлено, что в соответствии со ст. 28.2 Закона Азербайджанской Республики «Об образовании» питание в школах осуществляется на основании договоров, заключенных между учреждением образования и физическими или юридическими лицами, оказывающими услуги в сфере общественного питания. В республике разработаны нормативные документы, определяющие требования к организации питания в учреждениях образования.

Так, «Правила и нормы организации питания и медицинского обслуживания в общеобразовательных учреждениях», утвержденные Кабинетом Министров Азербайджанской Республики 25 ноября 2010 г. № 218, регламентируют, что питание во всех образовательных учреждениях должно быть

организовано в соответствии с санитарными нормами и правилами и что руководители учреждений образования несут ответственность за соблюдение этих требований. Также отмечено, что в зависимости от типа образовательного учреждения, продолжительности обучения питание может быть организовано в виде буфета и (или) столовой. В школах могут быть столовые, работающие на основе пищевого сырья, и столовые, работающие на основе полуфабрикатов, а также предприятия общественного питания, работающие по принципу буфета-раздачи. Установлено, что работники пищеблока должны проходить первичный и последующий периодический медицинский осмотр в порядке, установленном Министерством здравоохранения Азербайджанской Республики. В документе также установлено, что медицинские работники школ должны осуществлять контроль за организацией питания.

«Едиными нормами строительства, материально-технического обеспечения образовательных учреждений, общими санитарно-гигиеническими требованиями, нормами обеспечения студенческими местами», утвержденными Кабинетом Министров Азербайджанской Республики от 03.08.2012 № 171, установлены требования к питанию в общеобразовательных учреждениях. Так, для учащихся всех образовательных учреждений организуется одноразовое горячее питание. По желанию родителей возможно предоставление учащимся обеда. Детям в группе продленного дня может быть обеспечено двухразовое горячее питание (завтрак и обед) в школе, где они учатся, и обед во время пребывания в учреждении до вечера. Установлен перечень продуктов, которые запрещается использовать в общеобразовательных учреждениях.

Для совершенствования школьного питания, осознанного выбора блюд в настоящее время Агентство пищевой безопасности Азербайджанской Республики подготовило рекомендации и разделило все продукты на «зеленые», «желтые» и «красные» карточки. В «зеленых» карточках указан список продуктов, полностью разрешенных для употребления в пищу в школах республики. Продукты, включенные в список в «желтых» карточках, могут периодически использоваться в питания школьников. Продукты, внесенные в список в «красных» карточках, следует полностью исключить из пищевого рациона учащихся. Агентство пищевой безопасности Азербайджанской Республики совместно с Министерством образования ежегодно проводит мониторинг школьного питания.

Для организации рационального питания школьников в Азербайджанской Республики также действуют «Государственный стандарт питания обучающихся и воспитанников образовательных учреждений» (2013 г.), который утвержден Государственным комитетом по стандартизации, метрологии и патентам, и Методические рекомендации «Физиологические нормы потребления пищевых веществ и энергии для различных групп населения Азербайджанской Республики» (2023 г.), разработанные сотрудниками Азербайджанского медицинского университета. В документах определены требования к качеству и безопасности пищевых продуктов, используемых в питании детей, условиям приема пищи, безопасности используемой посуды, а также представлены физиологические потребности в основных пищевых веществах и энергии в образовательных учреждениях, указан перечень продуктов, запрещенных к употреблению при питании детей и подростков в общеобразовательных учреждениях. Также представлен минимальный набор пищевых продуктов для основных социально-демографических групп населения Азербайджанской Республики, в том числе детей в возрасте 7–14 лет.

Таким образом, анализ нормативных документов, определяющих требования к организации питания школьников, свидетельствует, что в Азербайджанской Республике установлены требования, определяющие безопасность школьного питания. В то же время отсутствуют нормы питания детей в общеобразовательных учреждениях в зависимости от длительности пребывания в учреждении образования, нет рекомендаций, определяющих требования к режиму приема пищи, системе мониторинга организации рационального и сбалансированного питания.

Для разработки научно обоснованных рекомендаций, норм питания для школьников, находящихся в учреждениях образования, важными являются изучение вкусовых предпочтений детей, учет особенностей домашнего питания школьников. В доступной нам литературе выявлены лишь единичные исследования, посвященные изучению особенностей питания детей школьного возраста Азербайджанской Республики. Так, Дж. Ю. Мамедов и соавт. в 2019 г. проанкетировали 2004 школьника (48,7 % мальчиков и 51,3 % девочек), 500 учителей школ и 1250 родителей в г. Баку (5 школ) и 7 избранных районах (Гянджа, Гейчай, Саатлы, Ленкорань, Газах, Губа — 20 школ) республики. Установлено, что 73 % учащихся приобретают пищу в школе. В буфетах и кафетериях 51 % школьников покупают булочки, 31 % — печенье, 24 % школьников покупают воду, 19 % — шоколад, 15 % — пирожки. Анализ опроса показал, что 65 % школьников предпочитают те продукты, которые им советуют родители. Выявлено, что питание школьников не сбалансировано. В основном дети

(25 %) приносят в школу печенье или бисквиты, воду (25,5 %), а также бутерброды с колбасой и сосисками (22,4 %). На факт информирования о правильном питании в процессе обучения указали 51,7 % школьников [4].

Результаты опроса выявили недостаточную информированность о здоровом питании как самих школьников, так и учителей и родителей, что определяет необходимость внесения некоторых изменений в образовательные программы школ. Следует отметить, что для совершенствования подходов к обучению детей навыкам здорового питания в рамках «Государственной программы продовольственной безопасности в Азербайджанской Республике на 2019–2025 годы» и Программы UNICEF «Здоровье и питание в Азербайджане на 2021–2022 годы» в 2022 г. Азербайджанский институт безопасности пищевых продуктов при Агентстве пищевой безопасности Азербайджанской Республики при поддержке UNICEF и Министерства образования начал реализацию пилотного проекта «Гид по питанию школьников», где предусмотрено 3 этапа. На первом этапе, «Друг школьника», для 30 участников специалистами Агентства пищевой безопасности в режиме онлайн проводятся семинары по 12 темам. Тренинги проводят два раза в неделю по 90 минут. Темы семинаров разработаны с учетом знаний и навыков, а также механизмов контроля за буфетами и столовыми, действующими в общеобразовательных школах, в области безопасности пищевых продуктов, здорового питания, а также выполнения других требований. Школьники, которые успешно сдают экзамен, по окончании семинаров награждаются значком «Гид по питанию школьников» и могут осуществлять общественный контроль за работой буфетов и столовых в школах, а также соблюдением санитарно-гигиенических норм по обеспечению безопасности пищевых продуктов. В рамках проекта в школьных столовых и других общественных местах учреждений образования размещаются информационные материалы по обеспечению рационального и сбалансированного питания. После завершения учебных тем планируется проведение анкетирования школьников. Полученные результаты планируется использовать для разработки рекомендаций, направленных на дальнейшее распространение реализованных мероприятий.

Таким образом, для Азербайджанской Республики, как и для других стран, актуальной является организация рационального и сбалансированного питания в общеобразовательных учреждениях. Дети проводят в школах 11 лет жизни, и от того, как организовано питание, во многом зависит их здоровье в будущем. В настоящее время в республике заинтересованными ведомствами разработан целый ряд нормативных документов, определяющих требования к безопасности питания. В то же время нормы для питания детей в общеобразовательных учреждениях отсутствуют, не сформирована система изучения фактического питания школьников в период посещения учреждений образования.

Актуальным является проведение комплексных научных исследований, которые бы позволили установить вкусовые предпочтения детей школьного возраста, их знания о здоровом питании, режим пребывания в учреждении образования, особенности питания в домашних условиях, а также состояние здоровья в связи с особенностями питания. Полученные результаты могут быть использованы для разработки научно обоснованных рекомендаций, направленных на создание системы рационального и сбалансированного питания детей в общеобразовательных учреждениях, что в дальнейшем будет способствовать профилактике заболеваний и сохранению здоровья детей в процессе обучения.

## Литература

1. Балаева, Ш. М. Заболеваемость детско-подросткового населения Азербайджана / Ш. М. Балаева // *Вопр. Шк. и университетской медицины и здоровья*. — 2019. — № 3. — С. 5–11.
2. Гузик, Е. О. Организация школьного питания в Республике Беларусь / Е. О. Гузик // *Здоровье населения и среда обитания* — ЗНиСО. — 2022. — Т. 30, № 10. — С. 92–100.
3. Мустафаева, З. Изучение заболеваемости детского населения в Азербайджане по результатам обязательной диспансеризации за 2014–2019 / З. Мустафаева // *Журн. биомедицины и практики*. — 2021. — № 1 (3/2). — С. 170–174.
4. Результаты опроса по питанию школьников в Азербайджане / Дж. Ю. Мамедов [и др.] // *Journal of Azerbaijan Perinatology and Pediatrics*. — 2017. — Т. 3, № 1. — С. 80–89.

Поступила 25.09.2023

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ

*Дорошевич В. И., к. м. н., доцент, darashevichvi@mail.ru*

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

В формировании здоровья человека питание из всех факторов внешней среды оказывает определяющую роль. Нарушение основных требований адекватного питания приводит к снижению резервов питательных веществ или существенному повышению некоторых из них, что снижает резистентность организма к неблагоприятным факторам окружающей среды, уменьшает адаптационные возможности, состояние работоспособности, увеличивает вероятность возникновения заболеваний. Изучение и оценка фактического питания различных слоев населения проводятся в основном методами ретроспективного воспроизведения потребленной пищи, анализом меню-раскладок, накопительных ведомостей с последующим определением нутриентного состава и энергетической ценности по соответствующим таблицам [1, 3]. В организованных коллективах используется лабораторный метод определения химического состава и содержащейся энергии в отобранных средних пробах готовой пищи. При этом не в полной мере учитывается количество съеденной пищи.

Фактическое питание предполагает собой не только планирование, приготовление, доведение существующих норм питания, но и потребление пищи, поступление в организм человека пищевых веществ и энергии, содержащихся в ней. Последнее обстоятельство является наиболее существенным, от него зависит формирование здоровья, его сохранение и укрепление. В связи с этим при изучении и оценке фактического питания более объективным представляется использование имеющихся разработанных методик и подходов по его оценке на организменном уровне, а разработка системной методологии является весьма актуальной.

Цель настоящего исследования — систематизация методических подходов изучения и оценки состояния фактического питания. Материалами проведенной работы служили результаты научных публикаций и собственных исследований по оценке фактического питания различных слоев населения.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что используемые методы не могут объективно характеризовать количество поступивших в организм пищевых веществ и энергии. Это связано с тем, что не представляется возможным точно учесть потребленную пищу, не учитываются пищевые остатки, химический состав и энергия которых не исключается из таковых в меню. Более того, во многих публикациях не указывался учет потерь при термической обработке пищевых продуктов.

Важным условием объективной оценки фактического питания является количество дней, выбранных для анализа меню-раскладок пищевых продуктов, накопительных ведомостей расхода пищевых продуктов для приготовления готовых блюд, результатов анкетирования за сутки съеденной пищи методом опроса или интервьюирования. Такой подход не позволяет определить среднесуточное потребление пищевых веществ и энергии. Количество дней наблюдения зависит от конкретных задач проводимого исследования. Для изучения и оценки состояния питания в течение года рекомендуется анализировать в течение 70–80 дней, с интервалом в 4 дня. При такой выборке и последующем анализе ошибка не превышает 10% по сравнению с данными, полученными при ежедневной оценке в течение года. Если проводится изучение питания за сезон, то рекомендуется анализировать питание от 30 до 40 дней. При изучении питания в течение месяца анализируются все дни [2].

Одним из важнейших аспектов при оценке состояния питания является состояние энергетической адекватности: соответствие энергии, освобождающейся из пищевых веществ в процессе биологического окисления для обеспечения физиологических функций организма, энергетическим затратам. По результатам проводимых исследований, как правило, полученную энергию с рационом питания человека (популяции) сравнивают с величиной энергозатрат соответствующей группы интенсивности труда, а не с реальными энергетическими затратами в конкретных условиях жизнедеятельности. Определение энергозатрат в практическом плане является довольно сложной задачей в связи с трудностью точного учета разнообразия по интенсивности и продолжительности мышечных нагрузок, выполняемых человеком в конкретных ситуациях. Для объективной оценки фактического питания необходимо одновременно оценивать среднесуточные энергетические затраты, на основании которых определяется потребность в основных макро- и микронутриентах.

Основными факторами, влияющими на потребность организма в энергии, являются основной обмен, энергетические затраты во время выполняемой работы и специфическое динамическое действие пищи (далее — СДДП). Наиболее значимым компонентом затрат энергии является величина основного обмена, которая зависит от пола, возраста, массы тела (далее — МТ). В обычных условиях жизнедеятельности людей, не связанных с большими физическими нагрузками, она составляет до 70–80% суточных энергетических затрат. В настоящее время для определения величины основного обмена взрослого населения используются уравнения, учитывающие МТ и возраст (таблица 1). Величина СДДП зависит от химического состава потребляемой пищи. Белковая часть пищи увеличивает теплопродукцию на 20–30%, жировая — на 7–8%, углеводная — на 4–5%. В среднем СДДП составляет около 10% от энергетической ценности потребляемой пищи, представляет собой специфическую реакцию организма на прием пищи и связана с перевариванием, всасыванием, транспортировкой и депонированием потребленных нутриентов.

Таблица 1 — Уравнения для расчетов величины основного обмена

Возраст, лет	Основной обмен	
	у мужчин, ккал/сутки	у женщин, ккал/сутки
10–18	17,5 МТ + 651	12,2 МТ + 746
18–30	15,3 МТ + 679	14,7 МТ + 496
30–60	11,6 МТ + 879	8,7 МТ + 829
Более 60	1365 МТ + 487	10,5 МТ + 596

Для определения энергозатрат существует большое количество методов как прямой, так и непрямой энергетрии, в том числе расчетные методы. Наиболее широкое распространение получил способ с помощью коэффициента физической активности (далее — КФА), суть которого заключается в том, что КФА каждого вида деятельности используется в качестве коэффициента пересчета по отношению к величине основного обмена. Затем устанавливается среднесуточная его величина. Общие траты энергии определяются путем умножения величины основного обмена на КФА и прибавлением величины СДДП.

Нам представляется более точным и приемлемым интегративный метод алиментарной энергетрии, основанный на объективно существующей зависимости между расходом энергии, энергетическим содержанием фактически потребляемой и усвояемой пищи, а также МТ. Определение энергозатрат осуществляется путем ежедневного измерения МТ в течение 15–16 дней и определения расчетным методом энергетической ценности съеденной пищи с помощью таблиц химического состава. Если за период исследования МТ не изменилась, то средняя величина энергетической ценности потребленной пищи соответствует энергетическим тратам. При изменении МТ в сторону увеличения или снижения определяется избыток или недостаток поступающей энергии с пищей, исходя из того, что 1 г МТ соответствует 6,8 ккал.

Энергетический дисбаланс питания связан, как правило, с белковой недостаточностью. В настоящее время качественная адекватность питания на организменном уровне оценивается по состоянию белковой обеспеченности, в методическом плане разработаны информативные методы ее оценки. При повседневном рационе питания, содержащем животные и растительные продукты, усвояемость белка составляет около 85%, безопасный уровень потребления белка для взрослых людей составит 0,88 г/кг в сутки. Значение имеет не только абсолютное количество белка в пище, но и его вклад в общее энергетическое содержание диеты. Установлено, что минимальная квота белка в диете взрослых должна составлять 4–5%. Снижение содержания белка ниже этого уровня приводит к развитию белковой недостаточности. Оптимальное содержание составляет 14–15%, максимальное — не более 30%. Фактическое содержание белковых калорий в диетах жителей европейских стран составляет от 12 до 15%.

Самым ранним проявлением белковой недостаточности считается уменьшение содержания в моче общего азота, и в первую очередь основного белкового метаболита — мочевины, а также их соотношение [4]. Одним из подходов установления белковой обеспеченности организма является показатель адекватности белкового питания, представляющий собой отношение азота мочевины к общему азоту мочи в процентах. Оптимальным и адекватным уровнем данного показателя считается 90%, при котором отсутствует возможность появления признаков недостаточности потребляемого белка в обычных условиях и минимальная возможность — при возросших потребностях в белке. Преимущество этого метода заключается в его доступности при массовых обследованиях. Он не предусматривает

сбора суточной мочи в связи с тем, что величины данного показателя в пробах ночной и утренней мочи близки между собой, отличаются не более чем на 5%. Установлено, что кратковременные различия между ними отмечаются при нарушении режима и стереотипа питания [2].

Наиболее простым показателем при обследованиях является окружностно-калиперометрический метод, характеризующий энергетический дисбаланс и состояние белковой обеспеченности организма. Суть метода заключается в измерении окружности плеча (далее — ОП) в средней его части, толщины кожно-жировой складки над трицепсом (далее — КЖСТ) и вычислении по этим двум показателям окружности мышц плеча (далее — ОМП). Считается, что первый показатель характеризует общее состояние питания человека, второй — состояние жировых запасов, а третий — состояние мышечной массы [2]. ОМП вычисляется по формуле (1):

$$\text{ОМП (см)} = \text{ОП (см)} - 0,314 \text{ КЖСТ (мм)}. \quad (1)$$

Полученные результаты измерения рассматриваемых показателей оцениваются по степени отклонения их от стандартных значений в процентах (таблица 2).

Таблица 2 — Стандартные величины антропометрических измерений ОП, ОМП и КЖСТ

Пол	Толщина КЖСТ, мм	ОП, см	ОМП, см
Мужчины	10,5	29,0	25,5
Женщины	12,5	27,0	23,1

Представленные в таблице показатели менее 90% от стандартных величин свидетельствуют: ОМП — о белковой недостаточности, КЖСТ — энергетической, ОМП и КЖСТ — белково-энергетической. По величине отклонения от стандартных значений устанавливаются степени недостаточности: 10–20% — слабая; 20–30% — умеренная; 30% и более — сильная.

Оценка соматического белка определяется по суточной уринарной экскреции креатинина, расчету креатининового коэффициента и креатинино-ростового индекса. Содержание выводимого креатинина с мочой напрямую зависит от мышечной МТ: чем ее больше, тем больше в суточной моче определяется креатинина. Расчет креатининового коэффициента осуществляется путем отношения выделенного с мочой креатина (мг/сутки) к МТ (кг), у молодых мужчин данный показатель составляет от 18 до 21. Креатинино-ростовой индекс представляет собой отношение фактической экскреции креатинина с мочой (мг/сутки) к биохимической константе креатинина у человека такого же роста, выраженной в процентах (таблица 3). Степень дефицита мышечной массы устанавливается по следующим критериям: отклонение от идеальной экскреции в пределах 0–10% рассматривается как норма; 10–20% — слабая степень; 20–30% — умеренная; 30% и более — сильная степень дефицита.

Для объективной оценки витаминной и минеральной обеспеченности используются биохимические методы их определения в крови и моче, а также определение микросимптомов их недостаточности или избытка. Из методов функциональной диагностики в настоящее время достаточно информативными являются методы определения прочности капилляров. При этом данный показатель зависит от обеспеченности организма витаминами С и Р, а также времени темновой адаптации, которое увеличивается при недостаточности витаминов А и В2.

Таким образом, исследование фактического питания человека (популяции) направлено на оценку степени реализации основных законов рационального и адекватного питания, фактического поступления в организм пищевых веществ и энергии, а также обеспеченности его физиологических потребностей. Используя расчетные методы определения химического состава и энергетической ценности рациона питания по меню-раскладкам, необходимо установление объема выборки (число дней) для определения его среднесуточного потребления и обязательного учета несъеденной пищи. При расчете общих энергетических затрат, в том числе используя коэффициент физической активности, следует учитывать специфическое динамическое действие пищи, составляющее 10% энергетической ценности съеденной пищи.

Таблица 3 — Значения идеальной экскреции креатинина с мочой у мужчин в зависимости от роста

Мужчины		Женщины	
рост, см	креатинин, мг/сутки	рост, см	креатинин, мг/сутки
157,5	1288	147,3	830
160,0	1325	149,9	851
162,6	1359	152,4	875

Мужчины		Женщины	
рост, см	креатинин, мг/сутки	рост, см	креатинин, мг/сутки
165,1	1386	154,9	900
167,6	1426	157,5	925
170,2	1467	160,0	946
172,7	1513	162,6	977
175,3	1555	165,1	1006
177,8	1596	167,6	1044
180,3	1642	170,2	1076
182,9	1691	172,7	1109
185,4	1739	175,3	1141
188,0	1785	177,8	1174
190,5	1831	180,3	1206
193,0	1891	182,9	1240

С целью диагностики энергетического дисбаланса метод алиментарной энергетрии, не требующий применения специальной аппаратуры, позволяет широко его использовать для оценки адекватности фактического питания. Применение окружностно-калиперометрического метода позволяет характеризовать общее состояние человека, содержание жировых запасов и состояние мышечной массы. Для изучения и оценки белковой обеспеченности организма показатель адекватности белкового питания, креатининовый коэффициент и креатинино-ростовой индекс являются достаточно информативными, быстро реагирующими на дефицит белка в рационе питания. Обобщение полученных результатов позволяет объективно оценить фактическое питание и дать обоснованные рекомендации по его совершенствованию.

### Литература

1. *Исютина-Федоткова, Т. С.* Соматометрические показатели статуса питания студентов-медиков / Т. С. Исютина-Федоткова, Х. Х. Лавинский // Медико-социальная экология личности: состояние и перспективы: материалы IV Междунар. конф., Минск, 7–8 апр. 2006 г.: в 2 ч. / Белорус. гос. ун-т. — Минск, 2006. — Ч. 1. — С. 292–293.
2. *Кошелев, Н. Ф.* Гигиена питания войск / Н. Ф. Кошелев, В. П. Михайлов, С. А. Лопатин. — СПб.: ВМА, 1993. — Ч. 2. — 259 с.
3. Гигиеническая оценка уровня соматического здоровья студентов медицинского университета в процессе обучения / Л. П. Мамчиц [и др.] // Человек. Здоровье. Окружающая среда: сб. материалов респ. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. гигиен. аспектам первич. мед. профилактики заболеваний, Минск, 24–25 окт. 2019 г. / редкол.: Д. М. Ниткин [и др.]. — БелМАПО, 2019. — С. 162–168.
4. *Общая и военная гигиена: учебник для вузов / Ю. В. Лизунов [и др.]; под ред. Ю. В. Лизунова, С. М. Кузнецова.* — СПб.: СпецЛит, 2012. — 732 с.

Поступила 01.09.2023

## СОДЕРЖАНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЛАХ

*Дребенкова И. В., к. т. н., spectrometric@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Растительные масла являются источниками необходимых для организма человека витаминов, макро- и микроэлементов, таких как калий, кальций, магний, фосфор, марганец, цинк, железо, селен и другие. Микро- и макроэлементы, содержащиеся в растительных маслах, придают стенкам сосудов эластичность, оказывают антиоксидантное действие, участвуют в построении нервной и костной тканей, иммунной защите и других физиологических процессах, необходимых для нормального функционирования организма. На рынок Республики Беларусь поступает широкий ассортимент растительных масел, различные виды которых обладают неодинаковым минеральным составом.



Цель данного исследования — провести сравнительный анализ содержания макро- и микроэлементов в растительных маслах.

Объекты исследования — рапсовое, подсолнечное, облепиховое, кокосовое, оливковое, рапсово-подсолнечное масла.

Предмет исследования — массовая концентрация калия, магния, кальция, натрия, фосфора, железа, цинка, селена, меди, марганца, мышьяка, кадмия, свинца в объектах исследования.

Метод исследования — атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой.

Пробоподготовку образцов, необходимую для перевода химических элементов из связанного вида в удобную для ввода в спектрометр растворенную форму, проводили методом «мокрого озонения» с использованием системы микроволновой минерализации Mars 5 (CEM Corporation, США). Масса навески образцов составляла 1,0 г. Окислителем являлась смесь концентрированной азотной кислоты в количестве 8 см<sup>3</sup> и перекиси водорода в количестве 2 см<sup>3</sup>. Через 12 ч после добавления окислительной смеси проводили минерализацию образцов при следующих условиях: мощность — 1600 W, время подъема давления — 10 мин, давление — 220 psi, температура — 180 °С, время выдержки при заданных параметрах — 20 мин. Полученные растворы охлаждали и доводили до объема 25 см<sup>3</sup> бидистиллированной водой.

Используемое оборудование — атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой iCAP 7200 (Thermo Fisher Scientific, США). Технические характеристики прибора следующие: спектральный диапазон — 166–847 нм, фокусное расстояние — 0,383 м, спектральное разрешение — не более 7 нм, относительное среднеквадратичное отклонение результатов измерений — не более 2 %.

Результаты исследований представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 — Массовая концентрация макроэлементов в растительных маслах

Наименование образца	Массовая концентрация макроэлемента, мг/кг				
	кальций	калий	магний	натрий	фосфор
Рапсовое масло	10,0	1,1	1,8	115,6	337,1
Подсолнечное масло	15,5	1,7	5,6	107,0	310,8
Облепиховое масло	33,9	0,6	4,4	10,5	412,4
Кокосовое масло	36,1	5,8	7,3	12,9	468,4
Рапсово-подсолнечное масло	35,0	0,9	4,3	9,7	390,3
Оливковое масло	24,4	0,7	5,8	10,2	312,4

Макро- и микроэлементы в организме человека выполняют разнообразные функции. Кальций участвует во многих физиологических и биохимических процессах, таких как поддержание целостности и проницаемости цитоплазматических мембран, регуляция синаптической передачи, в процессах нервно-мышечной проводимости, мышечного возбуждения и сокращения, в поддержании тонуса парасимпатической, симпатической и центральной нервной системы, регуляции ряда гормональных механизмов, контроле и активации ферментативных процессов, регенерации костной ткани, процессах свертываемости крови [1]. Проведенными испытаниями установлено, что содержание кальция в группе исследованных образцов находится в диапазоне 10,0–36,1 мг/кг с максимальным значением в кокосовом масле.

Таблица 2 — Массовая концентрация микроэлементов в растительных маслах

Наименование образца	Массовая концентрация макроэлемента, мг/кг				
	железо	цинк	медь	селен	марганец
Рапсовое масло	н. о.	0,2	н. о.	0,1	0,1
Подсолнечное масло	н. о.	0,2	0,1	0,1	0,1
Облепиховое масло	2,8	1,1	1,5	0,4	0,1
Кокосовое масло	9,6	1,1	2,0	0,9	0,2
Рапсово-подсолнечное масло	2,6	0,9	1,4	0,2	0,1
Оливковое масло	2,0	0,4	1,1	0,6	0,1

Примечание: н. о. — не обнаружено: меньше нижней границы диапазона измерений; в соответствии с методикой нижняя граница диапазона измерений составляет, мг/кг: железо — 2,0; медь — 0,067.

Калий является очень важным химическим элементом, необходимым для нормального обеспечения многих физиологических реакций в организме человека — нормальной работе сердечно-сосудистой системы, участия в процессах мышечного сокращения и расслабления, прохождения импульсов в нервных волокнах, регулирования распределения жидкости в организме. Нехватка калия в организме приводит к дисфункциям почек и надпочечников, нарушению сердечного ритма и обменных процессов в миокарде, быстрой утомляемости, физическому и эмоциональному истощению, провоцирует возникновение эрозии в слизистых оболочках, снижает скорость заживления ран. Полученные данные свидетельствуют о содержании в исследуемых объектах калия в диапазоне 0,6–5,8 мг/кг при максимальном содержании этого элемента в кокосовом масле.

Магний играет важную роль в образовании более 300 ферментов в организме человека, принимает участие в энергетическом и электролитном обмене, выступает в качестве регулятора клеточного роста, необходим на всех этапах синтеза белковых молекул, служит естественным антистрессовым фактором, тормозит процессы возбуждения в центральной нервной системе и снижает чувствительность организма к внешним воздействиям [2]. Показано, что наиболее высокое содержание магния характерно для кокосового масла (7,3 мг/кг). Уровень содержания в других проанализированных образцах составил 1,8–5,8 мг/кг.

Натрий в основном поступает в организм за счет добавляемого в пищу хлорида натрия. Избыточное потребление хлорида натрия увеличивает нагрузку на сердце и почки, предрасполагает к развитию в дальнейшем сердечно-сосудистых нарушений, гипертензии, рака прямой кишки, недостаточное — сопровождается гипонатриемией и дисфункцией центральной нервной системы. Оценкой содержания натрия в объектах исследования установлено, что его максимальное содержание свойственно рапсовому (115,6 мг/кг) и подсолнечному (107,0 мг/кг) маслам, минимальное — рапсово-подсолнечному и оливковому маслам.

Фосфор — макроэлемент, являющийся основным компонентом всех клеток организма человека, участвующий в большинстве обменных процессов и необходимый для образования тканей (особенно нервной и костной). Нарушения обмена этого элемента могут привести к серьезным нарушениям метаболизма в костной и нервной тканях [3]. Уровень содержания фосфора в исследованных образцах находился в пределах 310,8–468,4 мг/кг с максимальным содержанием в кокосовом масле.

Микроэлемент железо входит не только в состав гемоглобина, но также в состав протоплазмы всех клеток, в состав цитохромов, участвующих в процессах тканевого дыхания. Дефицит железа — один из самых распространенных форм гипомикроэлементозов человека, который вызывает нарушение образования эритроцитов, увеличение риска инфекционных заболеваний, анемию, общее ухудшение самочувствия, ломкость волос и ногтей, частые головные боли, раздражительность, поверхностное и учащенное дыхание; нарушение роста, желудочно-кишечные заболевания. Избыток железа в организме может привести к дефициту меди, цинка, хрома и кальция, а также к избытку кобальта. Оценка полученных результатов свидетельствует, что содержание железа в группе исследованных образцов находится в диапазоне 2,0–9,6 мг/кг с максимумом в кокосовом масле. Следует отметить, что в рапсовом и подсолнечном маслах железо не обнаружено при чувствительности используемого метода.

Биологическая роль цинка, участвующего в синтезе многих ферментов, обмене белка и гормонов, катаболизме соединительной ткани, репродуктивной функции, иммунной защите организма, велика. Он контролирует процессы пролиферации, дифференцировки и гибели клеток, имитирует действие гормонов, ростовых факторов, цитокинов. В случае развития дефицита микроэлемента в организме человека наблюдаются многие патологические состояния (утомляемость, депрессия, снижение памяти) и заболевания (импотенция, нарушения репродуктивной функции, задержка роста, длительное заживление ран, раннее старение и снижение иммунитета) [4]. Минимальное содержание цинка обнаружено в рапсовом, подсолнечном (0,2 мг/кг) и оливковом (0,4 мг/кг) маслах. Для остальных проанализированных образцов содержание цинка находится в диапазоне 0,9–1,1 мг/кг.

Медь играет важную роль в широком спектре физиологических процессов, включая утилизацию железа, устранение свободных радикалов, развитие костей и соединительных тканей, производство меланина и др. В результате анализа полученных данных о содержании меди в исследуемых образцах показано, что в рапсовом масле этот элемент не обнаружен при чувствительности используемого метода, в подсолнечном масле содержание меди составляет 0,1 мг/кг, в остальных образцах находится на уровне 1,1–2,0 мг/кг.

Эссенциальный элемент селен обладает противоопухолевой активностью, стимулирует синтез серосодержащих аминокислот и белков, участвует в иммунологической защите организма от вирусов, в активном выведении из организма тяжелых металлов, в формировании гормона щитовидной железы тироксина. Низкое содержание селена в продуктах питания связано с повышенным риском

возникновения сердечно-сосудистых, онкологических и других заболеваний. Установлено, что содержание селена отмечается в диапазоне 0,1–0,9 мг/кг, причем минимальным уровнем из исследуемых образцов обладают рапсовое и подсолнечное масла, максимальным — кокосовое масло.

Марганец необходим для метаболических процессов, связанных с белками, углеводами, глюкозой и холестерином. Без этого микроэлемента не могут функционировать некоторые ферменты, нарушается баланс гормонов [5]. Уровень содержания марганца в исследуемых образцах находился в пределах 0,1–0,2 мг/кг, причем в кокосовом масле содержание данного элемента выше в 2 раза, чем в остальных образцах.

Таким образом, проведенные исследования показали, что максимальным содержанием кальция, калия, магния, железа, цинка, меди, селена, марганца и фосфора в исследованных растительных и животных жирах обладает кокосовое масло. Минимальный уровень концентрации натрия обнаружен в рапсово-подсолнечном и оливковом маслах.

## Литература

1. *Квашнина, Л. В.* Кальций и его значение для растущего организма / Л. В. Квашнина // Doctor. — 2003. — № 2. — С. 68–70.

2. *Кадыков, А. С.* Магний глазами невролога [Электронный ресурс] / А. С. Кадыков, С. Н. Бушенева. — Режим доступа: <https://neurology.ru/nauka/nauchnye-stati/magniy-glazami-nevrologa.html>. — Дата доступа: 26.07.2022.

3. Патогенетическая роль нарушений обмена фосфора в жизнедеятельности организма / Е. А. Чагина [и др.] // Междунар. журн. гуманитарных и естественных наук. — 2022. — № 12–5 (75). — С. 45–50.

4. *Трисветова, Е. Л.* Роль цинка в жизнедеятельности человека / Е. Л. Трисветова // Мед. новости. — 2021. — № 9. — С. 37–42.

5. *Елисеева, Т.* Марганец (Mn) — значение для организма и здоровья + 25 лучших источников / Т. Елисеева // Журн. здорового питания и диетологии. — 2022. — № 19. — С. 92–101.

Поступила 03.10.2023

## ПРОИЗВОДСТВО И ПОТРЕБЛЕНИЕ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ КАК ИСТОЧНИК ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ФАКТОР РИСКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ (С ПОЗИЦИЙ ЭВРИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОБУЧЕНИЮ СТУДЕНТОВ)

*Дюбкова-Жерносек Т. П., к. м. н., доцент, dziubkova.tanya@gmail.com*

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Глобальные климатические изменения, обусловленные эмиссией парниковых газов антропогенного происхождения, представляют угрозу существованию биосферы. Стабилизация концентрации основных парниковых газов — диоксида углерода, метана, оксида азота (I) в атмосфере на уровне, который обеспечивал бы удержание роста глобальной средней температуры в пределах 1,5 °С по сравнению с доиндустриальным уровнем, снижает риск необратимых последствий антропогенного воздействия на климатическую систему Земли. Более одной трети глобальных антропогенных выбросов парниковых газов связано с различными этапами жизненного цикла пищевых продуктов. Наибольшей эмиссией сопровождается производство продуктов животного происхождения, особенно красного мяса, молока и молочных продуктов, а также креветок, выращиваемых на фермах [1]. Жизненный цикл продукции включает несколько этапов: производство корма, производство продукции (выращивание животных, убой, переработка продуктов убоя), распределение (реализация) мясной продукции, потребление и утилизация отходов. В аграрном производстве наибольшее количество выбросов парниковых газов приходится на сектор животноводства, среди них доминируют оксид азота (I) и метан (эмиссии составляют соответственно 65 % и 35–40 % их глобальных антропогенных выбросов). Метан образуется в результате процессов кишечной ферментации жвачных животных, прежде всего крупного рогатого скота, а также выращивания риса. Основные источники эмиссии оксида азота (I) — вносимые в почву азотные удобрения, используемые для выращивания сельскохозяйственных культур (в том числе корма для животных), и выбросы парникового газа из навоза. Углекислый газ образуется в результате вырубки лесов с целью увеличения

площади сельскохозяйственных угодий, а также сжигания топлива и использования энергии на фермах. Наибольший вклад в эмиссию основных парниковых газов вносят такие этапы жизненного цикла продукции, как производство корма и собственно животноводство [2]. Значительно меньшая доля антропогенных выбросов связана с охлаждением и транспортировкой пищевых продуктов (использование топлива и энергии), производством упаковки (бумага, алюминий), реализацией продукции и утилизацией отходов.

Мета-анализ большого числа когортных исследований, выполненных в различных странах мира, свидетельствует о наличии связи между регулярным употреблением продуктов животного происхождения, прежде всего красного мяса, подвергнувшегося глубокой технологической обработке, и развитием хронических неинфекционных заболеваний (в том числе болезней системы кровообращения, онкологических заболеваний и др.), а также более высокой общей и сердечно-сосудистой смертностью. Ключевая рекомендация современной нутрициологии в контексте профилактики сердечно-сосудистых заболеваний — употребление преимущественно растительных продуктов, которые должны составлять основу рациона, дополненного продуктами животного происхождения (морская рыба, яйца, птица, молочные продукты). Приоритетная роль в питании отводится цельнозерновым продуктам, овощам и фруктам, бобовым культурам. Важное значение имеют семена и орехи как источники растительного белка и полиненасыщенных жирных кислот, благотворно влияющих на липидный обмен и обладающих кардиопротективным действием в отношении цереброваскулярных заболеваний, ассоциированных с атеросклерозом. Количество употребляемого красного мяса российские эксперты рекомендуют сократить до 350–500 г в неделю, а употребление переработанного мяса, например мясных гастрономических продуктов, таких как колбасные изделия, сосиски, сардельки, мясные деликатесы и др., свести к минимуму [3].

Повышение уровня грамотности в вопросах здоровья с позиций профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, связанных с поведенческими факторами риска (включая диспропорцию в потреблении продуктов животного и растительного происхождения в сторону переработанного мяса, нездоровые пищевые привычки и др.), и снижения антропогенного воздействия на климатическую систему Земли в аспекте борьбы с изменением климата требует инновационных подходов к обучению студентов учреждений высшего образования независимо от избранной специальности. Лидирующие позиции среди современных образовательных технологий занимает эвристическое обучение — обучение креативного типа, целью которого является конструирование обучающимся «собственного смысла, целей и содержания образования, а также процесса его организации, диагностики и осознания» [4, 5]. Эвристическое обучение ориентировано на творческую самореализацию обучающегося и создание им собственного образовательного продукта, включающего два компонента — внешний, представленный материализованным продуктом самостоятельной учебной деятельности, и внутренний в виде эволюции приоритетных личностных качеств в ходе образовательного процесса. Основным содержательным элементом эвристического обучения является открытое задание, в результате выполнения которого каждый студент создает собственный продукт исходя из уровня его знаний в исследуемой области реальности, умений, способностей, жизненного опыта, отличающийся от субъективных (предметных) образовательных продуктов других обучающихся. Экспертиза и верификация эвристических заданий, разрабатываемых преподавателем по определенным критериям и внедряемых в образовательный процесс в Белорусском государственном университете (далее — БГУ), осуществляется учебно-методической лабораторией инноваций в образовании.

Цель работы — обосновать роль эвристического обучения в развитии компетентности в области здорового питания и повышении уровня грамотности в вопросах здоровья с точки зрения профилактики сердечно-сосудистых заболеваний и снижения антропогенного воздействия на климатическую систему Земли (на примере открытого задания).

Настоящая публикация является продолжением серии научных работ автора, посвященных реализации эвристического подхода к обучению студентов при освоении интегрированной учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности человека» и изучению его роли в развитии культуры безопасности жизнедеятельности в различных областях (культуры поведения в чрезвычайных ситуациях, радиологической культуры, культуры питания, экологической культуры и др.). Представленный ниже текст открытого задания предназначен для выполнения студентами первого и второго курсов, обучающимися по различным специальностям на факультете международных отношений БГУ, при проведении текущей аттестации по разделу «Основы экологии».

Эвристическое интернет-занятие проводится в несколько этапов. Подготовительный этап требует тщательной подготовки материалов преподавателем. Он размещает на образовательном портале факультета (на базе LMS Moodle) глоссарий по терминологии, текст эвристического (открытого)

задания, вопросы для рефлексии, доступ к которым обеспечивается после выполнения задания, критерии оценивания созданного обучающимся образовательного продукта, а также презентации лекций и другие учебные материалы, в которых отсутствует готовое решение задания (обязательное условие!). Студенты информируются о дедлайне для каждого этапа. Процесс постановки целей осуществляется обучающимся самостоятельно в направлении, заданном преподавателем. Вначале студенту рекомендуется разграничить свое знание — незнание по блокам вопросов в рамках изучаемой темы с опорой на основные термины и понятия, содержащиеся в глоссарии, а затем сформулировать не более трех целей предстоящей самостоятельной учебной деятельности. Содержание открытого задания, предназначенного для изучения реального объекта действительности, является основным фактором, определяющим уровень творческой самореализации обучающегося. Ниже приводится текст открытого задания, результатом выполнения которого является созданный студентом субъективный образовательный продукт:

**«Меняйте пищевые предпочтения!».** Производство продуктов питания животного происхождения сопровождается эмиссией парниковых газов и вносит весомый вклад в антропогенное воздействие на климатическую систему Земли. Регулярное употребление переработанного красного мяса ассоциируется также с более высокой смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе у лиц в трудоспособном возрасте.

Вообразите себя участником научного форума, посвященного влиянию питания человека на его здоровье и изменение климата. В формате открытой дискуссионной площадки обсуждаются продукты питания, производство которых является источником глобальных климатических изменений, а потребление — инструментом управления риском развития сердечно-сосудистых болезней, лидирующих по уровням заболеваемости и смертности в мире. Внесите свою лепту в решение экологической и медицинской проблем современности.

1. Составьте перечни продуктов питания животного и растительного происхождения, составляющих основу вашего суточного рациона (не менее пяти продуктов в каждом перечне с указанием кратности их употребления в течение недели).

2. Разработайте рекомендации по внесению изменений в рацион для сокращения выбросов парниковых газов, связанных с производством продуктов животного происхождения, и снижения риска сердечно-сосудистых заболеваний, ассоциированных с их употреблением (не менее трех пунктов). Обсудите ваши рекомендации.

Оформите идеи и предложения в виде текста (до двух страниц).

Второй этап эвристического интернет-занятия предусматривает демонстрацию и сравнение субъективного образовательного продукта с культурно-историческим аналогом (преподаватель предоставляет ссылку на источник). Внимание студента акцентируется на выявлении совпадений и различий между продуктом его учебной деятельности и культурно-историческим аналогом. На третьем этапе с помощью инструмента «Форум» организуется онлайн-обсуждение субъективных образовательных продуктов. В результате совместной деятельности студентов создается коммуникативный продукт, который оценивается отдельно по разработанным преподавателем критериям. Завершающий этап эвристического интернет-занятия является рефлексивно-оценочным и включает осмысление обучающимся учебной деятельности, усвоение способов ее осуществления, оценивание результатов, анализ достигнутых успехов, а также трудностей и путей их преодоления.

Формулировки образовательных целей, представленные в открытом задании, предполагают различные виды деятельности обучающегося. Доминирующей среди них является креативная деятельность, ориентированная на творческую самореализацию и создание материализованного продукта, обладающего оригинальностью и новизной, трактуемой как «новое во времени». Новизна выявляется при сравнении материализованного продукта, созданного обучающимся, с продуктами других студентов и достижениями специалистов в исследуемой области реальности (культурно-исторический аналог). Выполнение задания требует от обучающегося умения эффективно мобилизовать знания из различных областей и использовать их наряду с межпредметными связями для решения конкретной проблемы, положенной в основу задания. Достижение образовательных целей обуславливает развитие у студента способности находить ассоциации между производством продуктов животного происхождения и вкладом его различных этапов в климатические изменения, связанные с эмиссией основных парниковых газов, между потреблением этих продуктов и риском развития сердечно-сосудистых заболеваний и смертности от них. Расширение «горизонта» знаний определяет развитие умений самостоятельно «добывать» знания, выделять их из массива структурированной и неструктурированной информации, комбинировать, создавать собственную знаниевую конструкцию, развитие способности аргументировать собственную точку зрения, осуществлять оценку утверждений с помощью самостоятельно сформулированных критериев. В качестве примера

приводятся рекомендации по внесению изменений в рацион для уменьшения риска сердечно-сосудистых заболеваний и антропогенного воздействия на климатическую систему:

1) Сократить потребление мяса. Заменять периодически в течение недели красное мясо (говядина, баранина, конина и др.) белым мясом птицы (филе курицы, индейки), морской рыбой или бобовыми культурами (фасоль, чечевица, горох, нут, соя и др.). Эмиссия парниковых газов (в кг  $\text{CO}_2$ -экв.) при производстве 1 кг мяса птицы в 7 раз ниже по сравнению с производством такого же количества говядины и в 4 раза ниже, чем производство 1 кг баранины.

2) Минимизировать употребление колбас, сосисок (в том числе с добавлением сыра), мясных деликатесов и другой гастрономической мясной продукции (переработанное красное мясо). Содержащиеся в них насыщенные жирные кислоты и трансизомеры жирных кислот повышают риск развития атеросклероза коронарных и мозговых сосудов и ассоциированных с ним заболеваний системы кровообращения. Избыток поваренной соли повышает риск артериальной гипертензии, особенно у лиц с наследственной отягощенностью. Производство 1 кг говядины на протяжении всего жизненного цикла продукции сопровождается наибольшими выбросами парниковых газов по сравнению с другими продуктами питания, в том числе мясной продукцией из свинины (в 5,7 раза) и мяса птицы (в 7 раз).

3) Отказаться от употребления молочных продуктов животного происхождения, богатых насыщенными жирами (например, молока коровьего 6%-й жирности, сливок 10%-й и 20%-й жирности, твердых сыров массовой долей жира в сухом веществе более 30 % и др.), и заменить их молочными продуктами с более низким содержанием жира. Эмиссия парниковых газов (в кг  $\text{CO}_2$ -экв.) при производстве 1 кг сыра тофу из соевых бобов сокращается в 7,5 раза по сравнению с производством 1 кг сыра из коровьего молока. Сокращение употребления молочных продуктов, богатых насыщенными жирами, уменьшает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний.

4) Отдавать предпочтение рациону, богатому растительной пищей с высоким содержанием белка (зерновые культуры, бобовые, орехи), овощами и фруктами, содержащими в том числе пищевые волокна, за исключением растительных продуктов, являющихся источником насыщенных жиров (кокосовое, пальмовое масло). Выращивание 1 кг фруктов и 1 кг овощей приводит к сокращению эмиссии парниковых газов (в кг  $\text{CO}_2$ -экв.) в 80–100 раз по сравнению с производством 1 кг говядины и в 14–18 раз по сравнению с производством такого же количества свинины.

5) Употреблять морскую рыбу не реже двух-трех раз в неделю, из них по меньшей мере один раз в неделю — жирные сорта рыбы северных морей (лосось, тунец, сардины, скумбрия, сельдь и др.). Они содержат омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты, способствующие снижению риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и смертности от них. Эмиссия парниковых газов (в кг  $\text{CO}_2$ -экв.) при производстве 1 кг рыбы в 3 раза ниже по сравнению с производством 1 кг баранины и в 5 раз ниже по сравнению с производством 1 кг говядины. Отказаться от употребления рыбы, ракообразных (например, креветок), моллюсков, выращенных на специальных фермах. Функционирование креветочных ферм требует значительного количества электрической энергии для закачивания больших объемов воды, ее фильтрации, аэрации и поддержания определенных параметров микроклимата. Производство электрической энергии осуществляется за счет сжигания ископаемых видов топлива с интенсивными выбросами в атмосферу парниковых газов.

6) Употреблять ежедневно не менее 30 г различных видов несоленых орехов (грецкий орех, пекан, лесной орех, кешью, кедровый орех), богатых растительным белком и мононенасыщенными жирными кислотами, что снижает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний. Производство 1 кг орехов сопровождается наименьшими выбросами парниковых газов по сравнению с другими продуктами питания. Эмиссия (в кг  $\text{CO}_2$ -экв.) сокращается в 177 раз по сравнению с производством 1 кг говядины, в 60 раз по сравнению с производством 1 кг сыра, более чем в 30 раз по сравнению с производством такого же количества свинины.

Таким образом, результатом творческой самореализации студентов при осуществлении эвристического подхода к обучению является личностное образовательное приращение — как внешнее в виде материализованного продукта самостоятельной учебной деятельности, так и внутреннее в виде эволюции знаний, умений, способов деятельности, личностных качеств, компетентностей в области здорового питания и повышения уровня грамотности в вопросах здоровья как с позиций сердечно-сосудистой профилактики, так и с точки зрения уменьшения антропогенного воздействия на климатическую систему. Взаимосвязь обоих компонентов образовательной продукции лежит в основе трансформации системы ценностных ориентаций обучающихся и обуславливает динамическую маршрутизацию от исходной точки в виде знаний в исследуемой области реальности к конечному пункту в виде организации здорового питания и перехода к экологически ориентированному образу жизни, определяя развитие внутренней мотивации к деятельности при решении медицинской и экологической проблем современности.

## Литература

1. Five practical actions towards low-carbon livestock [Electronic resource] / Food and Agriculture Organization of the United Nations. — Rome, 2019. — Mode of access: <https://www.fao.org/3/ca7089en/ca7089en.pdf>. — Date of access: 05.09.2023.

2. Самарджич, М. Экологическая оценка удельной эмиссии парниковых газов при производстве и потреблении мясной продукции в условиях Центрального региона России / М. Самарджич, Р. Валентини, И. И. Васенев // Достижения науки и техники АПК. — 2014. — № 9. — С. 61–64.

3. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации. Национальное руководство 2022 / О. М. Драпкина [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2022. — Т. 21, № 4. — 228 с.

4. Хуторской, А. В. Педагогика: учебник для вузов. Стандарт третьего поколения / А. В. Хуторской. — СПб.: Питер, 2019. — 608 с.

5. Король, А. Д. Система эвристического обучения на основе диалога: опыт проектирования и реализации / А. Д. Король // Весн. Гродз. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Сер. 3. Філалогія. Педагогіка. Псіхалогія. — 2016. — Т. 6, № 1. — С. 57–64.

Поступила 22.09.2023

## САНИТАРНО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИГРАЦИИ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ПЛЕНОЧНОГО УПАКОВОЧНОГО ПОЛИЛАКТИДНОГО МАТЕРИАЛА С УГЛЕВОЛОКНОМ В МОДЕЛЬНЫЕ СРЕДЫ, ИМИТИРУЮЩИЕ ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ

<sup>1</sup>Кузовкова А. А., к. б. н., [zav\\_lsi@rspch.by](mailto:zav_lsi@rspch.by),

<sup>1</sup>Плешкова А. А.,

<sup>1</sup>Велентей Ю. Н.,

<sup>2</sup>Добыш В. А., [dobusch.w@mail.ru](mailto:dobusch.w@mail.ru)

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное научное учреждение «Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

Широкое использование в повседневной жизни товаров из полимерных материалов, в частности, упаковки для пищевых продуктов, привело к серьезному загрязнению окружающей среды неразлагаемым или длительно разлагаемым мусором. Для целей устойчивого развития общества, для зеленой экономики необходимы новые биodeградируемые упаковочные материалы, которые помогут избежать данной проблемы.

Полилактид (далее — ПЛ), получаемый из стереоизомеров молочной кислоты, считается наиболее перспективным биodeградируемым полимером. К началу XXI столетия он превратился из малотоннажного полимера узкоспециализированного назначения в крупнотоннажный с постоянно расширяющимися областями применения [1].

Перед другими биоразлагаемыми полимерами ПЛ имеет четыре существенных преимущества: возобновляемость, биосовместимость, технологичность и энергосбережение [2]. Молочную кислоту получают из таких легковозобновляемых ресурсов, как растения (например, из кукурузы и риса), что позволяет снизить зависимость общества от ископаемых видов топлива [3]. ПЛ и продукты его деградации (вода и углекислый газ) не являются токсичными и канцерогенными для человеческого организма, что делает ПЛ отличным материалом для изделий медицинского назначения, таких как шовный хирургический материал и системы целевой доставки лекарств. Из-за своих физико-химических свойств (высокой термопластичности) ПЛ легко подвергается обработке путем литья пленки, экструзии, выдувного формования и прядения волокна по сравнению с другими биodeградируемыми материалами, такими как полиэтиленгликоль, полигидроксиалканоаты и поликапролактон [4].

В настоящее время современные технологии производства ПЛ опираются на химический синтез или биотехнологические процессы. Наиболее распространены технологии химического синтеза. Этот тип синтеза ПЛ использует различные катализаторы на основе органических и неорганических

соединений металлов (олова, алюминия, щелочных металлов), в том числе тяжелых (октоат олова, хлорид олова моногидрат и др.). Катализаторы на основе тяжелых металлов загрязняют полученный ПЛ, что усложняет его очистку и ограничивает применение для упаковки пищевых продуктов и медицинских изделий [3].

Помимо очевидных преимуществ ПЛ имеет и целый ряд существенных недостатков: 1) невысокая скорость разложения из-за сложной химической структуры молекулы — процесс разложения может занимать несколько лет, что может помешать использованию ПЛ для изделий медицинского назначения и упаковки для пищевых продуктов; 2) высокая хрупкость — его удлинение на 10% приводит к разрыву; 3) высокая гидрофобность; 4) отсутствие газобарьерных свойств, необходимых для использования в качестве упаковочного материала; 5) высокая стоимость его производства.

Вследствие вышеперечисленных характеристик ПЛ, как правило, не используют в чистом виде, а проводят модификацию различными способами в зависимости от поставленной конечной задачи [3] — например, применяют в качестве основы для биоразлагаемых композиционных материалов. В качестве добавок (наполнителей) может быть использован углерод и его соединения, в том числе в виде наночастиц, нанотрубок и нанопластин. Очевидно, что подобные новые биоразлагаемые композиционные материалы требуют обязательного санитарно-гигиенического контроля по миграции из них мономеров ПЛ, добавок (наполнителей) токсичных элементов и веществ.

В Республике Беларусь разработку и производство опытных образцов полилактидных материалов осуществляют в ГНУ «Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси», лаборатория органических композиционных материалов (г. Минск, Беларусь), в Белорусском государственном университете на химическом факультете, на кафедре химии высокомолекулярных соединений (г. Минск, Беларусь).

Цель исследований — установить уровни миграции токсичных элементов из отечественного пленочного ПЛ-материала толщиной 200 мкм с 10% углеродного волокна в модельные среды, имитирующие пищевые продукты.

В Техническом регламенте Таможенного ТР ТС 005/2011 Союза «О безопасности упаковки» (далее — ТР ТС 005/2011) не прописаны требования к миграции токсичных элементов и веществ в модельные среды из упаковки, изготовленной из ПЛ-материалов. Вследствие этого нами в санитарно-химических исследованиях миграции токсичных элементов из ПЛ-материала в модельные среды в качестве оценочных параметров были использованы допустимые количества миграции (далее — ДКМ) веществ, выделяющихся из биоразлагаемой упаковки (бумага, бумага парафинированная, картон, картон мелованный, картон макулатурный, пергамент растительный, подпергамент (бумага с добавками, имитирующими свойства пергамента растительного)), контактирующей с пищевыми продуктами, указанные в приложении 1 к ТР ТС 005/2011. Дополнительно в качестве оценочных параметров использовали ДКМ элементов, выделяющихся из небiorазлагаемой упаковки (поливинилхлоридные пластики, стекло, фаянс, фарфор, металл), контактирующей с пищевыми продуктами (приложение 1 к ТР ТС 005/2011), а также уровни миграции таких элементов, как ртуть и селен, оцениваемые в биоразлагаемой упаковке согласно ГОСТ 34030.1-2016 и ГОСТ EN 13432-2015.

Были проведены санитарно-химические исследования миграции 16 токсичных элементов из пленочного ПЛ-материала толщиной 200 мкм с 10% углеродного волокна в модельные среды, имитирующие пищевые продукты, при комнатной температуре: дистиллированную воду; 0,3%-й раствор молочной кислоты; 3%-й раствор молочной кислоты; 2%-й раствор уксусной кислоты с 2% поваренной соли; 2%-й раствор лимонной кислоты; 20%-й раствор этилового спирта, 5%-й раствор поваренной соли после экспозиции в течение 1 суток (моделирование контакта пищевых продуктов с ПЛ-материалами до 2 ч) и 3 суток (моделирование контакта пищевых продуктов с ПЛ-материалами в течение 2–48 ч). Фрагменты ПЛ-материала размером 5 см × 10 см помещали в плотно закрывающийся стеклянный сосуд (бюкс) и заливали модельной средой из расчета на 2 см<sup>2</sup> поверхности 1 см<sup>3</sup> модельного раствора (с учетом площади обеих поверхностей). Определение концентрации токсичных элементов в модельных вытяжках из ПЛ-материала, за исключением ртути, проводили методом оптической атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой по ГОСТ 31870-2012 (п. 5), ртути — методом беспламенной атомно-абсорбционной спектрометрии по ГОСТ 34427-2018, валидируя применительно к модельным средам.

Полученные значения уровней миграции токсичных элементов из вышеуказанного отечественного пленочного композиционного ПЛ-материала в модельные среды, имитирующие пищевые продукты, при инкубации в течение 1 и 3 суток при комнатной температуре представлены в таблицах 1–5. Результаты свидетельствуют о присутствии значимой миграции ряда токсичных элементов из исследуемого ПЛ-материала в представленные модельные среды: кадмия — в дистиллированную воду и 2%-й раствор лимонной кислоты на уровне ДКМ, железа — в 0,3%-й и 3%-й растворы молочной



кислоты и алюминия — в 2%-й раствор лимонной кислоты на уровнях выше ДКМ. В других средах миграция данных элементов была на уровнях ниже ДКМ. Остальные исследуемые токсичные элементы или не мигрировали вовсе (как мышьяк, ртуть, хром, барий, селен, олово, никель, титан, молибден), или мигрировали из ПЛ-материала в данные 5 сред на уровнях ниже ДКМ (как цинк, медь, марганец).

Миграция токсичных элементов из пленочного ПЛ-материала толщиной 200 мкм с 10% углеволокна в 20%-й раствор этилового спирта и 5%-й раствор поваренной соли не установлена.

Таблица 1 — Уровни миграции токсичных элементов из ПЛ-материала в дистиллированную воду

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> )		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		в течение 1 суток контакта	в течение 3 суток контакта	
Дистиллированная вода / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , комнатная температура	Свинец	Менее 0,01	Менее 0,01	0,03
	Мышьяк	Менее 0,005	Менее 0,005	0,05
	Ртуть (мкг/кг)	Менее 2,5	Менее 2,5	–
	Кадмий	0,0020 ± 0,0006	0,0020 ± 0,0006	0,001
	Хром	Менее 0,01	Менее 0,01	0,1
	Барий	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Селен	Менее 0,005	Менее 0,005	–
	Цинк	0,068 ± 0,016	0,082 ± 0,020	1,0
	Олово	Менее 0,5	Менее 0,5	2,0
	Медь	0,006 ± 0,003	0,009 ± 0,004	1,0
	Никель	Менее 0,01	Менее 0,01	0,1
	Титан	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Алюминий	0,197 ± 0,047	0,208 ± 0,050	0,5
	Железо	0,242 ± 0,061	0,287 ± 0,072	0,3
	Марганец	0,0020 ± 0,006	0,008 ± 0,002	0,1
Молибден	Менее 0,05	Менее 0,05	0,25	

Таблица 2 — Уровни миграции токсичных элементов из ПЛ-материала в 0,3%-й раствор молочной кислоты

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> )		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		в течение 1 суток контакта	в течение 3 суток контакта	
0,3%-й раствор молочной кислоты / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , комнатная температура	Свинец	Менее 0,01	Менее 0,01	0,03
	Мышьяк	Менее 0,005	Менее 0,005	0,05
	Ртуть (мкг/кг)	Менее 2,5	Менее 2,5	–
	Кадмий	Менее 0,0001	Менее 0,0001	0,001
	Хром	Менее 0,01	Менее 0,01	0,1
	Барий	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Селен	Менее 0,005	Менее 0,005	–
	Цинк	0,103 ± 0,025	0,138 ± 0,033	1,0
	Олово	Менее 0,5	Менее 0,5	2,0
	Медь	0,008 ± 0,003	0,015 ± 0,006	1,0
	Никель	Менее 0,01	Менее 0,01	0,1
	Титан	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Алюминий	0,144 ± 0,035	0,152 ± 0,036	0,5
	Железо	0,394 ± 0,099	0,402 ± 0,100	0,3
	Марганец	0,003 ± 0,001	0,003 ± 0,001	0,1
Молибден	Менее 0,05	Менее 0,05	0,25	

Таблица 3 — Уровни миграции токсичных элементов из ПЛ-материала в 3%-й раствор молочной кислоты

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> )		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		в течение 1 суток контакта	в течение 3 суток контакта	
3%-й раствор молочной кислоты / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , комнатная температура	Свинец	Менее 0,01	Менее 0,01	0,03
	Мышьяк	Менее 0,005	Менее 0,005	0,05
	Ртуть (мкг/кг)	Менее 2,5	Менее 2,5	–
	Кадмий	Менее 0,0001	Менее 0,0001	0,001
	Хром	Менее 0,01	Менее 0,01	0,1
	Барий	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Селен	Менее 0,005	Менее 0,005	–
	Цинк	0,079 ± 0,019	0,087 ± 0,021	1,0
	Олово	Менее 0,5	Менее 0,5	2,0
	Медь	0,006 ± 0,002	0,066 ± 0,017	1,0
	Никель	Менее 0,01	Менее 0,01	0,1
	Титан	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Алюминий	0,324 ± 0,078	0,384 ± 0,092	0,5
	Железо	0,361 ± 0,090	0,387 ± 0,097	0,3
	Марганец	0,003 ± 0,001	0,021 ± 0,007	0,1
Молибден	Менее 0,05	Менее 0,05	0,25	

Таблица 4 — Уровни миграции токсичных элементов из ПЛ-материала в 2%-й раствор лимонной кислоты

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> )		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		в течение 1 суток контакта	в течение 3 суток контакта	
2%-й раствор лимонной кислоты / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , комнатная температура	Свинец	Менее 0,01	Менее 0,01	0,03
	Мышьяк	Менее 0,005	Менее 0,005	0,05
	Ртуть (мкг/кг)	Менее 2,5	Менее 2,5	–
	Кадмий	0,0010 ± 0,0003	0,0010 ± 0,0003	0,001
	Хром	Менее 0,01	Менее 0,01	0,1
	Барий	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Селен	Менее 0,005	Менее 0,005	–
	Цинк	0,130 ± 0,031	0,152 ± 0,036	1,0
	Олово	Менее 0,5	Менее 0,5	2,0
	Медь	0,007 ± 0,003	0,010 ± 0,004	1,0
	Никель	Менее 0,01	0,0020 ± 0,0007	0,1
	Титан	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Алюминий	0,598 ± 0,144	0,618 ± 0,099	0,5
	Железо	0,055 ± 0,014	0,205 ± 0,051	0,3
	Марганец	0,002 ± 0,001	0,0020 ± 0,0006	0,1
Молибден	Менее 0,05	Менее 0,05	0,25	

Таблица 5 — Уровни миграции токсичных элементов из ПЛ-материала в 2%-й раствор уксусной кислоты, содержащий 2 % поваренной соли

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> )		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		в течение 1 суток контакта	в течение 3 суток контакта	
2%-й раствор уксусной кислоты, содержащий 2 % поваренной соли / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , комнатная температура	Свинец	Менее 0,01	Менее 0,01	0,03
	Мышьяк	Менее 0,005	Менее 0,005	0,05
	Ртуть (мкг/кг)	Менее 2,5	Менее 2,5	–
	Кадмий	Менее 0,0001	Менее 0,0001	0,001
	Хром	Менее 0,01	Менее 0,01	0,1
	Барий	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Селен	Менее 0,005	Менее 0,005	–
	Цинк	0,155 ± 0,037	0,177 ± 0,042	1,0
	Олово	Менее 0,5	Менее 0,5	2,0
	Медь	0,085 ± 0,022	0,085 ± 0,022	1,0
	Никель	Менее 0,01	Менее 0,01	0,1
	Титан	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Алюминий	0,071 ± 0,017	0,092 ± 0,022	0,5
	Железо	0,153 ± 0,038	0,180 ± 0,045	0,3
	Марганец	Менее 0,001	Менее 0,001	0,1
Молибден	Менее 0,05	Менее 0,05	0,25	

Таким образом, исследуемый композиционный ПЛ-материал толщиной 200 мкм с 10 % углеволокна вследствие миграции железа и алюминия в ряд модельных сред при экспозиции в течение 1 и 3 суток не соответствует требованиям ТР ТС 005/2011, предъявляемым к биоразлагаемому материалу картону мелованному (по алюминию) и небiorазлагаемым полимерным материалам для покрытия упаковки (по железу), контактирующим с пищевыми продуктами.

Работа выполнена в рамках НИР «Изучить санитарно-химические показатели гигиенической безопасности образцов отечественных биоразлагаемых материалов на основе полилактидов на этапе разработки технологий их производства», ГПНИ 2 «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия».

## Литература

1. *Nampoothiri, K. M.* An overview of the recent developments in polylactide (PLA) research / K. M. Nampoothiri, N. R. Nair, R. P. John // *Biores. Tech.* — 2010. — Vol. 101, № 22. — P. 8493–8501.
2. *Rasal, R. M.* Poly(lactic acid) modifications / R. M. Rasal, A. V. Janorkar, D. E. Hirt // *Progress in Polymer Science.* — 2010. — Vol. 35, № 3. — P. 338–356.
3. *Poly (Lactic Acid)-Based Biomaterials: Synthesis, Modification and Applications* / L. Xiao [et al.] // *Biomedical Science, Engineering and Technology* / ed.: D. N. Ghista. — London, UK, 2012. — Ch. 11. — P. 247–282.
4. *Global risk based management of chemical additives 1. Production, usage and environmental occurrence* / A. Ginebreda [et al.] // *Handbook of environmental chemistry: additives in the paper industry* / ed.: B. Bilitewski, R. M. Darbra, D. Barcelo. — Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, 2012. — P. 11–34.

Поступила 26.09.2023

# УРОВНИ МИГРАЦИИ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПЛЕНОЧНЫХ УПАКОВОЧНЫХ ПОЛИЛАКТИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ С УГЛЕВОЛОКНОМ В МОДЕЛЬНЫЕ СРЕДЫ, ИМИТИРУЮЩИЕ ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ

<sup>1</sup>Кузовкова А. А., к. б. н., [zav\\_lsi@rspch.by](mailto:zav_lsi@rspch.by),

<sup>1</sup>Чеботкова Д. А.,

<sup>1</sup>Лебединская К. С.,

<sup>2</sup>Добыш В. А., [dobusch.w@mail.ru](mailto:dobusch.w@mail.ru)

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное научное учреждение «Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

Полилактид отвечает концепции устойчивого развития, поскольку для его синтеза используются ежегодно возобновляемые природные ресурсы (сельскохозяйственные растения). Упаковочные изделия из полилактида (далее — ПЛ) — экологически чистая альтернатива традиционной упаковке, изготовленной на основе нефти. При производстве ПЛ в атмосферу выбрасывается на 50 % меньше углекислого газа, чем при производстве полимеров на основе нефти, а использование ископаемых ресурсов уменьшается на 35 % [1].

Сам по себе ПЛ является хрупким материалом, для которого характерны низкое удлинение при разрыве и ударная вязкость. Это привело к разработке различных методов модификации для улучшения механических свойств ПЛ, особенно его прочности. Такие методы включают смешивание с другими полимерами, использование пластификаторов, добавление армирующих наполнителей и волокон [2].

Для модификации ПЛ достаточно широко применяют различные углеродные наполнители — например, графеновые нанопластины, многостенные углеродные нанотрубки, фуллерен и черный углерод (сажу) [3]. Наночастицы графена и углеродные нанотрубки представляют собой привлекательные материалы для улучшения механических и барьерных свойств, а также для повышения функциональности биоразлагаемых полимеров для упаковки. Однако увеличение производства и потребления повышает вероятность воздействия таких наноматериалов на человека и окружающую среду; это поднимает вопросы о рисках наноматериалов, поскольку они могут быть токсичными [4]. В 2017 г. болгарские ученые [3] исследовали ПЛ-пленку с 2 % (по массе) смешанных углеродных нанонаполнителей из графеновых нанопластин и многостенных углеродных нанотрубок в весовом соотношении 1 : 1 с примесями фуллерена и черного углерода (сажи) и показали, что контакт данного ПЛ-материала со средами-имитантами пищевых продуктов при 90 °С в течение 4 ч провоцировал выброс графеновых нанопластин из пленки в этанол, уксусную кислоту и пищевые имитаторы на масляной основе. В таких температурных условиях гибкие голые графеновые нанопластины размером 100–1000 нм легко мигрировали, а волокнистые многостенные углеродные нанотрубки длиной более 1 мкм образовывали запутанные сети на поверхности пленки, препятствуя их попаданию в среды-имитанты. Примеси фуллеренов и черного углерода (сажи) (5–30 нм) в полимере были незначительными, поэтому их миграция была мала или не обнаруживалась. Однако для оценки безопасности таких композиционных ПЛ-материалов, контактирующих с пищевыми продуктами, требуются исследования не только миграции углеродных наполнителей, в особенности углеродных наночастиц, но и миграции токсичных химических элементов и веществ из данных материалов в пищевые продукты.

В Республике Беларусь разработку опытных образцов ПЛ-материалов с различными наполнителями осуществляют в ГНУ «Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси». Данные опытные образцы, в том числе ПЛ-материал с 10 % углеволокна, были любезно предоставлены для проведения санитарно-химических исследований.

Цель исследований — установить уровни миграции летучих токсичных веществ из отечественного пленочного ПЛ-материала с 10 % углеволокна в модельные среды, имитирующие пищевые продукты.

В Техническом регламенте Таможенного ТР ТС 005/2011 Союза «О безопасности упаковки» (далее — ТР ТС 005/2011) не прописаны требования к миграции токсичных элементов и веществ в модельные среды из упаковки, изготовленной из ПЛ-материалов. Вследствие этого нами в санитарно-химических исследованиях миграции летучих токсичных веществ из ПЛ-материала

в модельные среды в качестве оценочных параметров были использованы допустимые количества миграции (далее — ДКМ) веществ, выделяющихся из биоразлагаемой упаковки (бумага, бумага парафинированная, картон, картон мелованный, картон макулатурный, пергамент растительный, подпергамент (бумага с добавками, имитирующими свойства пергамента растительного)), контактирующей с пищевыми продуктами, указанные в приложении 1 к ТР ТС 005/2011. Были проведены санитарно-химические исследования миграции 16 летучих токсичных веществ из ПЛ-материала в виде пленки толщиной 200 мкм с 10% углеволокна в модельные среды, имитирующие пищевые продукты, при комнатной температуре: дистиллированную воду; 0,3%-й раствор молочной кислоты; 3%-й раствор молочной кислоты; 2%-й раствор уксусной кислоты с 2% поваренной соли; 2%-й раствор лимонной кислоты; 20%-й раствор этилового спирта; 5%-й раствор поваренной соли после экспозиции в течение 1 и 3 суток. Фрагменты ПЛ-материала размером 5 см × 10 см помещали в плотно закрывающийся стеклянный сосуд (бюкс) и заливали модельной средой из расчета на 2 см<sup>2</sup> поверхности 1 см<sup>3</sup> модельного раствора (с учетом площади обеих поверхностей). Уровни миграции летучих токсичных веществ из ПЛ-материалов в модельные среды оценивали методом газовой хроматографии.

Полученные значения уровней миграции летучих токсичных веществ из отечественного пленочного композиционного ПЛ-материала толщиной 200 мкм с 10% углеволокна в модельные среды, имитирующие пищевые продукты, при инкубации в течение 1 суток при комнатной температуре представлены в таблицах 1–6. Результаты свидетельствуют о наличии миграции ряда летучих токсичных веществ на уровнях выше установленных ДКМ из исследуемого ПЛ-материала в отдельные модельные среды: метанола в 0,3%-й раствор молочной кислоты при контакте в течение 3 суток, ацетальдегида в 3%-й раствор молочной кислоты при контакте в течение 1 и 3 суток, ацетона в 2%-й раствор лимонной кислоты при контакте в течение 1 и 3 суток. Наблюдалась миграция ацетона на уровне ДКМ в 2%-й раствор уксусной кислоты, содержащий 2% поваренной соли, и 5%-й раствор поваренной соли. Остальные исследуемые вещества мигрировали из ПЛ-материала в модельные среды, представленные в таблицах 1–6, на уровнях ниже ДКМ.

Уровни миграции всех исследуемых летучих токсичных веществ из ПЛ-материала толщиной 200 мкм с 10% углеволокна в 20%-й раствор этилового спирта были ниже уровней предела обнаружения веществ.

Таблица 1 — Уровни миграции летучих токсичных веществ из ПЛ-материала толщиной 200 мкм с 10% углеволокна в дистиллированную воду

Модельная среда / условия моделирования	Токсичное вещество	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> )		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		при контакте в течение 1 суток	при контакте в течение 3 суток	
Дистиллированная вода / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , комнатная температура	Ацетальдегид	Менее 0,05	Менее 0,05	0,2
	Ацетон	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Бензол	Менее 0,005	Менее 0,005	0,01
	Бутилацетат	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Ксилолы (смесь изомеров)	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1
	Бутанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Изобутанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Изопропанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Пропанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Метанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,2
	Толуол	Менее 0,005	Менее 0,005	0,5
	Формальдегид	0,029	Менее 0,02	0,1
	Этилацетат	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Гексан	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1
Гептан	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1	
Эпихлоргидрин	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1	

Таблица 2 — Уровни миграции летучих токсичных веществ из ПЛ-материала толщиной 200 мкм с 10 % углеволокна в 0,3%-й раствор молочной кислоты

Модельная среда / условия моделирования	Токсичное вещество	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> )		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		при контакте в течение 1 суток	при контакте в течение 3 суток	
0,3%-й раствор молочной кислоты / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , комнатная температура	Ацетальдегид	Менее 0,05	0,1	0,2
	Ацетон	Менее 0,05	0,07	0,1
	Бензол	Менее 0,005	Менее 0,005	0,01
	Бутилацетат	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Ксилолы (смесь изомеров)	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1
	Бутанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Изобутанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Изопропанол	Менее 0,05	0,17	0,5
	Пропанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Метанол	Менее 0,05	0,31	0,2
	Толуол	Менее 0,005	Менее 0,005	0,5
	Формальдегид	0,047	0,045	0,1
	Этилацетат	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Гексан	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1
Гептан	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1	
Эпихлоргидрин	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1	

Таблица 3 — Уровни миграции летучих токсичных веществ из ПЛ-материала толщиной 200 мкм с 10 % углеволокна в 3%-й раствор молочной кислоты

Модельная среда / условия моделирования	Токсичное вещество	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> )		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		при контакте в течение 1 суток	при контакте в течение 3 суток	
3%-й раствор молочной кислоты / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , комнатная температура	Ацетальдегид	0,58	0,51	0,2
	Ацетон	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Бензол	Менее 0,005	Менее 0,005	0,01
	Бутилацетат	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Ксилолы (смесь изомеров)	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1
	Бутанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Изобутанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Изопропанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Пропанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Метанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,2
	Толуол	Менее 0,005	Менее 0,005	0,5
	Формальдегид	Менее 0,02	Менее 0,02	0,1
	Этилацетат	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Гексан	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1
Гептан	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1	
Эпихлоргидрин	Менее 0,005	0,007	0,1	

Таблица 4 — Уровни миграции летучих токсичных веществ из ПЛ-материала толщиной 200 мкм с 10% углеволокна в 2%-й раствор лимонной кислоты

Модельная среда / условия моделирования	Токсичное вещество	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> )		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		при контакте в течение 1 суток	при контакте в течение 3 суток	
2%-й раствор лимонной кислоты / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , комнатная температура	Ацетальдегид	Менее 0,05	Менее 0,05	0,2
	Ацетон	0,19	Более 1,0	0,1
	Бензол	Менее 0,005	Менее 0,005	0,01
	Бутилацетат	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Ксилолы (смесь изомеров)	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1
	Бутанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Изобутанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Изопропанол	Менее 0,05	0,06	0,5
	Пропанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Метанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,2
	Толуол	Менее 0,005	Менее 0,005	0,5
	Формальдегид	0,048	0,039	0,1
	Этилацетат	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Гексан	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1
Гептан	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1	
Эпихлоргидрин	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1	

Таблица 5 — Уровни миграции летучих токсичных веществ из ПЛ-материала толщиной 200 мкм с 10% углеволокна в 2%-й раствор уксусной кислоты, содержащей 2% поваренной соли

Модельная среда / условия моделирования	Токсичное вещество	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> )		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		при контакте в течение 1 суток	при контакте в течение 3 суток	
2%-й раствор уксусной кислоты, содержащей 2% поваренной соли / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , комнатная температура	Ацетальдегид	Менее 0,05	Менее 0,05	0,2
	Ацетон	0,1	0,06	0,1
	Бензол	Менее 0,005	Менее 0,005	0,01
	Бутилацетат	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Ксилолы (смесь изомеров)	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1
	Бутанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Изобутанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Изопропанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Пропанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Метанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,2
	Толуол	Менее 0,005	Менее 0,005	0,5
	Формальдегид	0,02	Менее 0,02	0,1
	Этилацетат	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Гексан	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1
Гептан	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1	
Эпихлоргидрин	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1	

Таблица 6 — Уровни миграции летучих токсичных веществ из ПЛ-материала толщиной 200 мкм с 10 % углеволокна в 5%-й раствор поваренной соли

Модельная среда / условия моделирования	Токсичное вещество	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> )		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		при контакте в течение 1 суток	при контакте в течение 3 суток	
5%-й раствор поваренной соли / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , комнатная температура	Ацетальдегид	Менее 0,05	Менее 0,05	0,2
	Ацетон	0,09	0,1	0,1
	Бензол	Менее 0,005	Менее 0,005	0,01
	Бутилацетат	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Ксилолы (смесь изомеров)	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1
	Бутанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Изобутанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Изопропанол	Менее 0,05	0,07	0,5
	Пропанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,5
	Метанол	Менее 0,05	Менее 0,05	0,2
	Толуол	Менее 0,005	Менее 0,005	0,5
	Формальдегид	Менее 0,02	Менее 0,02	0,1
	Этилацетат	Менее 0,05	Менее 0,05	0,1
	Гексан	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1
	Гептан	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1
Эпихлоргидрин	Менее 0,005	Менее 0,005	0,1	

Таким образом, исследованы уровни миграции летучих токсичных веществ из отечественного пленочного ПЛ-материала с 10 % углеволокна в модельные среды, имитирующие пищевые продукты. Показана незначительная миграция формальдегида и изопропанола в ряд модельных сред. Установлена миграция метанола, ацетона, ацетальдегида в отдельные модельные среды на уровнях, превышающих нормативы ТР ТС 005/2011, предъявляемые к биоразлагаемой упаковке (различным видам бумаги и картона), контактирующей с пищевыми продуктами.

Работа выполнена в рамках НИР «Изучить санитарно-химические показатели гигиенической безопасности образцов отечественных биоразлагаемых материалов на основе полилактидов на этапе разработки технологий их производства», ГПНИ 2 «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия».

## Литература

1. Полилактид [Электронный ресурс] // Сайт masterpolymer.ru. — Режим доступа: <http://www.masterpolymer.ru/o-kompanii/informatsiya-po-polimeram/polilaktid.html>. — Дата доступа: 06.06.2022.
2. Naser, A. Z. I Poly (lactic acid) (PLA) and polyhydroxyalkanoates (PHAs), green alternatives to petroleum-based plastics: a review / A. Z. Naser, I. Deiab, B. M. Darras // RSC Adv. — 2021. — Vol. 11. — P. 17151–17196.
3. Release of carbon nanoparticles of different size and shape from nanocomposite poly(lactic) acid film into food simulants / H. Velichkova [et al.] // Food Addit.Contam.Part.A Chem.Anal.Control Expo.Risk Assess. — 2017. — Vol. 34, № 6. — P. 1072–1085.
4. Kotsilkov, S. Release of Graphene and Carbon Nanotubes from Biodegradable Poly(Lactic Acid) Films during Degradation and Combustion: Risk Associated with the End-of-Life of Nanocomposite Food Packaging Materials / S. Kotsilkov, E. Ivanov, N. Kolev Vitanov // Materials (Basel). — 2018. — Vol. 11, № 12. — P. 2346.

Поступила 02.10.2023



## ВОЗМОЖНОСТЬ КОРРЕКЦИИ ДЕФИЦИТА ЖЕЛЕЗА В ПИТАНИИ С УЧЕТОМ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СВЯЗИ МИКРОНУТРИЕНТОВ В БИОСИНТЕЗЕ FE-СОДЕРЖАЩИХ БЕЛКОВ

Мойсеёнок А. Г., д. б. н., профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, [andrey.moiseenok@tut.by](mailto:andrey.moiseenok@tut.by),  
Хованская Г. Н., к. б. н., [galinahov@yandex.ru](mailto:galinahov@yandex.ru),  
Черемисин А. С., [cherrynotberry@gmail.com](mailto:cherrynotberry@gmail.com),  
Титко О. В., [o.titko@mail.ru](mailto:o.titko@mail.ru),  
Мацкевич А. И., [matskevichanna4@gmail.com](mailto:matskevichanna4@gmail.com)

Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Институт биохимии биологически активных соединений Национальной академии наук Беларуси», г. Гродно, Республика Беларусь

На грани нового тысячелетия наблюдался значительный прогресс в изучении природы и физиологических функций микронутриентов, в частности, кальциферолов (витамин D), пантотеновой кислоты (витамин B<sub>5</sub>), альфа-липоевой кислоты (витамин H, тиоктовая кислота). В период ковидной пандемии резко возрос интерес к иммуномоделирующим и противовирусным свойствам кальциферолов, микроэлементов Zn, Cu, Se, ряду иных биологически активных веществ, влияющих на резистентность организма к действию патогенных факторов. На этом фоне менее заметными оказались достижения нутрициологов и биохимиков в области метаболических функций и дефицита железа (далее — ДЖ), недостаточность которого является наиболее распространенным явлением в структуре дефицита питательных веществ в мире. Несмотря на то что ДЖ известен научной медицине с XVI в., а применение сернокислого железа для предупреждения и лечения известно с 1832 г. (P. Bland), железодефицитная анемия (далее — ЖДА) остается крупнейшей проблемой гигиены питания, не разрешившей к сегодняшнему дню ключевые вопросы профилактики и коррекции распространенной алиментарной (частично генетически детерминированной) патологии. По данным ВОЗ, более 1,2 млрд человек страдают ЖДА, и как минимум двукратное количество насчитывает когорту пациентов с ДЖ без развития анемии [1]. Определенная трудность дифференциальной диагностики железодефицита без анемий (далее — IDWA), или, условно говоря, железодефицитного состояния (далее — ЖДС) связывают с неоптимальными рекомендациями по скринингу, несмотря на то что предлагаются и используются традиционные для ЖДА тесты: уровень гемоглобина, ферритина и насыщения трансферрина (рисунок 1). К числу клинических ситуаций, когда необходимо осуществлять предупреждение ЖДС относятся беременность, послеоперационный период, применение комплекса лекарственных препаратов, чрезвычайные физические нагрузки и тренинг. Особую озабоченность коррекцией развития IDWA (ЖДС) вызывают хронические заболевания (системное воспаление) и плохая переносимость или неэффективность перорального приема препаратов железа [1].

С точки зрения гигиены питания и накопленного нутрициологического опыта в уравнении (ДЖ ≠ анемия) нельзя поставить знак равенства. Следовательно, возрастает роль исследования биомаркеров и, по мнению разработчиков программы «Биомаркеры питания для развития» (BOND), ключевой задачей остается корректная оценка биодоступности Fe, которая распространяется не только на гематологические тесты (остающиеся надежными для диагностики ЖДА), но и на ряд функциональных показателей ассоциации статуса железа у матери и плода, когнитивного, двигательного и эмоционального развития младенца. По мнению экспертов, важна интерпретация результатов исследования биомаркеров ДЖ, в особенности их отклонений при воздействии инфекционного фактора и воспаления (в том числе аутоиммунного генеза).

Проблема выявления ДЖ объективно существует. Анализ основных рекомендаций медицинского сообщества по этому вопросу в период 2004–2014 гг. выявляет 127 руководящих документов (протоколов), в том числе 29 профессиональных ассоциаций. Относительное преимущество определения концентрации ферритина в сыворотке крови дополняется тестом насыщения трансферрина (далее — TSAT) с целевыми значениями для ферритина в диапазоне 100–500 мг/л и TSAT в диапазоне 20–50%, хотя для подавляющего числа наблюдаемых лиц эти значения составляют 100 мг/л и 20% соответственно. Ситуация отягощается воспалительным процессом (хроническая сердечная недостаточность, хроническая болезнь почек, онкологические и воспалительные заболевания кишечника), во время которого рост провоспалительных цитокинов стимулирует выработку гепсидина (пептида, регулирующего метаболизм Fe в организме) приводящего к секвестрации гема в ретику-

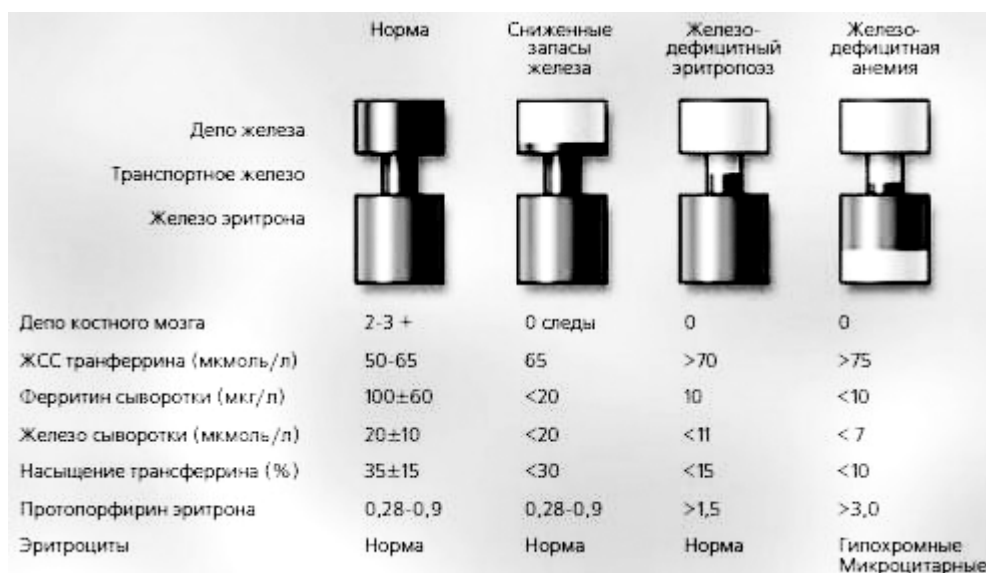


Рисунок 1 — Соотношение показателей дефицита железа в различных стадиях развития ЖДА (Danielson et al. 1996). ЖСС – железосвязывающая способность

лоэндотелиальной системе. Синдром IDWA (ЖДС) присутствует практически у половины пациентов с воспалительной патологией [2].

Расширение функциональной роли Fe от гемопоэтической функции до ключевых железо-серных кластеров (ЖСК) электрон-транспортной цепи митохондрий — основное патогенетическое событие, объясняющее распространенность IDWA (ЖДС) и универсальность его проявления при полиморбидной патологии и физических перегрузках.

Толерантность к физической нагрузке, утомляемость и физическая работоспособность как функциональные показатели у 1170 взрослых пациентов (> 18 лет) с IDWA (ЖДС) были проанализированы по результатам многоцентрового рандомизированного исследования в период с 2016 по 2018 г. Применение препаратов Fe в различных дозировках и способах назначения привело к снижению показателя утомляемости, но не оказало эффект на физическую работоспособность (с учетом максимального потребления кислорода) и хронометрическое тестирование физической нагрузки. При этом выявлена положительная динамика уровня гемоглобина и ферритина сыворотки крови с 6,48 до 11,97 мкмоль/л [3].

В таблице 1 представлены результаты анализа распределения 1760 белков протеома человека, участвующих в гомеостазе железа, их основные функции и наличие кофактора, определяющего функциональную активность белка [4]. Обращает на себя внимание высокий удельный вес белков, обеспечивающих энергетическую функцию метаболизма. Нетрудно предсказать, что синдром IDWA (ЖДС) может достаточно часто проявляться при снижении выносливости и работоспособности у спортсменов. Действительно, показатели сывороточного железа и ферритина, насыщение трансферрина и кислород-депонирующей функции гемоглобина ассоциировали с ЖДС у спортсменов со сниженными спортивными результатами, и эти показатели нормализовались при назначении препаратов железа.

Лечебно-профилактическое назначение препаратов железа является основным элементом коррекции ДЖ [4]. В свете новых представлений о функции железосодержащих белков пероральный прием микроэлемента с учетом его относительно малой биодоступности является предметом новых исследований, включая предупреждение его прооксидантных и органолептических свойств, неблагоприятного воздействия на микрофлору кишечника и реально существующие ситуации с его возможной перегрузкой [5]. С другой стороны, наличие гепсидин-ферропортинового механизма регуляции распределения Fe предотвращает перегрузку клеток, но создает ограничения для абсорбции микроэлемента в желудочно-кишечном тракте. Существующие рекомендации схем применения Fe (например, в мелких дозах или в увеличении частоты приема) не обеспечивают оптимизации статуса железа в организме.

Необходим более углубленный анализ опыта применения препаратов железа при ЖДА, прежде всего основанный на сочетанном его применении с функционально связанными микронутриентами (таблица 1). Такого рода подход для совершенствования лечебно-профилактического применения

Таблица 1 — Распределение Fe-содержащих и участвующих в метаболизме железа белков в протеоме человека (О. А. Громова, 2015)

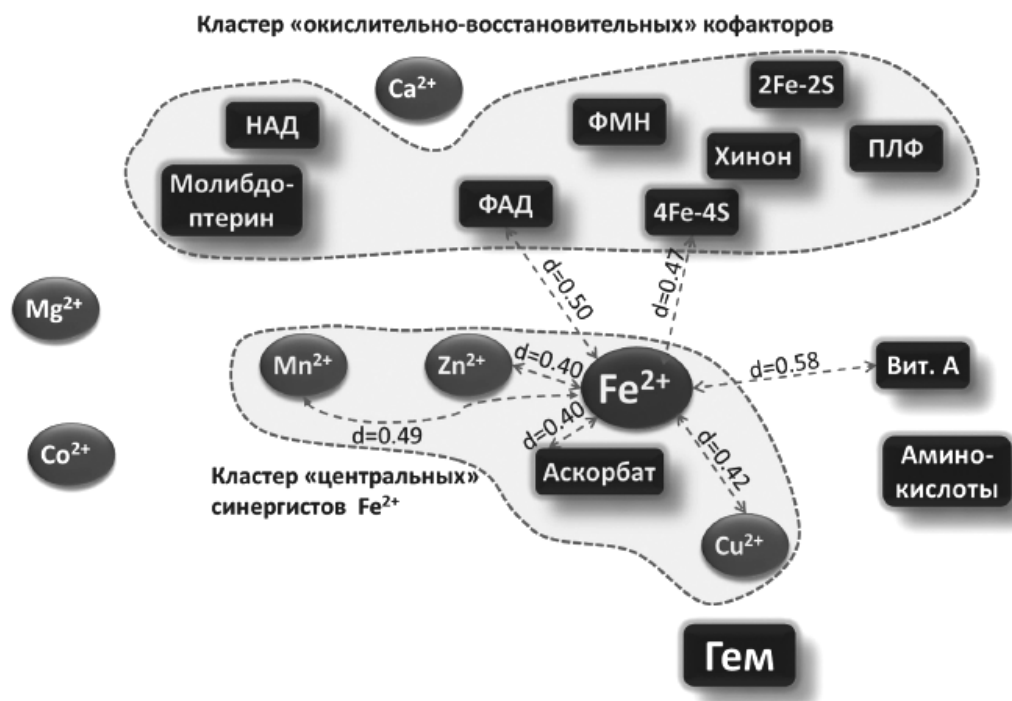
N <sub>6</sub>	%	Кофактор	Микроэлемент	Основные функции
1760	100	–	–	Ответ на гипоксию, цитохромы P450
1059	60	Гем	Железо	Цитохромы P450, аэробное дыхание
185	11	Fe <sup>2+</sup>	Железо	Транспорт Fe <sup>2+</sup> , структура ДНК
165	9	Cu <sup>2+</sup>	Медь	Аэробное дыхание
69	4	Кластер 4Fe-4S	Железо	NADH-дегидрогеназа
57	3	ФАД	B <sub>2</sub>	Оксидоредуктазы
54	3	L-аскорбат	C	Сшивка коллагена
43	2	Zn <sup>2+</sup>	Цинк	Ответ на гипоксию
42	2	Ca <sup>2+</sup>	Кальций	Пероксидазы, свертывание крови
28	1,6	ФМН	B <sub>2</sub>	Оксидоредуктазы, синтаза оксида азота
27	1,5	Кластер 2Fe-2S	Железо	Окисление — восстановление
19	1,1	Mn <sup>2+</sup>	Марганец	Сигнальные каскады
19	1,1	Ретиноиды	A	Метаболизм порфиринов, заживление ран
17	1,0	Аминокислоты	–	Синтез нейротрансмиттеров
13	0,7	ПЛФ	B <sub>6</sub>	Метаболизм митохондрий
11	0,6	Хинон	Q10	NADH-дегидрогеназа
10	0,6	НАД	PP	Синтез оксида азота
9	0,5	Молибден	Молибден	Метаболизм ксантинов
8	0,5	Тетрагидробиоптерин	Молибден	Синтез оксида азота
8	0,5	Co <sup>2+</sup>	Кобальт	Протеолиз

Примечания:  
 1) N<sub>6</sub> — число белков;  
 2) % — процент от общего числа белков гомеостаза железа;  
 3) ПЛФ — пиридоксальфосфат.

препаратов железа при ЖДА частично реализован при комбинированном применении fumarата железа и комплекса микроэлементов, включающего ретинол, бета-каротин, токоферол, аскорбиновую кислоту, рибофлавин, пиридоксин, никотинамид, Cu, Zn, Mn, Mo [4]. Очевидна направленность достижения оптимальной биодоступности и биоэффективности композиции с учетом функциональной связи железа и других микроэлементов. Развитие и углубление указанного подхода О. А. Громовой к предупреждению ЖДА у беременных позволило провести кластерный анализ взаимодействия различных кофакторов, функционально связанных с поддержанием гомеостаза железа.

По мнению О. А. Громовой, вытекающему из результатов кластерного анализа, наиболее важными функциональными микроэлементами, обеспечивающими оптимальную биоэффективность его поступления в организм, являются аскорбиновая кислота, Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>. Протеомный анализ показывает, что адекватное поступление ионов цинка и железа необходимо для функционирования более 20 белков, участвующих в регулировании кислородного баланса и клеточного дыхания [4].

Если функциональные комплексы для поддержания и коррекции гемопоеза получили серьезное обоснование и факторы, обеспечивающие гомеостаз железа и его окислительно-восстановительные функции, определены [4, 5], то в отношении формирования белков железо-серных кластеров, их транспорта и функционирования исследования находятся в начальной стадии. Выявлен феномен зависимости 4'-фосфопантетеинилирования ацилпереносящего белка митохондрий, проявляющийся при дефекте уровня кофермента А — коферментной формы пантотеновой кислоты. Это приводит к падению синтеза липоевой кислоты, участвующей в митохондриальном окислительном декарбонилировании кето-кислот, и, следовательно, снижению активности ЦТК. Более того, установлено, что ацилпереносящий белок формирует внутри-митохондриальный ансамбль белков для образования железо-серных кластеров [2Fe-2S, 4Fe-4S] (таблица 1), участвующих в метаболизме в виде компонентов дыхательной цепи, ЦТК, многих анаболических и катаболических реакций. Процессы биогенеза железо-серных кластеров, биосинтеза гема и кофермента А являются внутри-митохондриальными, и, следовательно, сопряженное поступление необходимых микроэлементов с пищей является необходимым условием обеспечения митохондриальной функции. Метаболит



**Рисунок 2 — Кластерный анализ взаимодействий между кофакторами, входящими совместно с ионами железа и/или гемом в белки человека, вовлеченными в гомеостаз железа. Расстояние  $d$  между обозначениями на диаграмме соответствует степени взаимодействия между кофакторами, оцениваемой на основе числа соответствующих белков. Меньшее расстояние соответствует большей степени взаимодействия**

ЦТК — сукцинил-кофермент А — является ключевым субстратом в биосинтезе гема, и возможности активации его биосинтеза посредством применения предшественника биосинтеза кофермента А — пантотеновой кислоты реализованы в предупреждении анемии у пациентов с миелодиспластическим синдромом. Вышеуказанное обосновывает целесообразность совместного применения препаратов пантотеновой кислоты и железа для предупреждения IDWA (ЖДС).

Если функциональный комплекс пантотеновой кислоты и железа находится в стадии доклинического изучения композиции, Fe с Cu (0,7 мг) и Mn (1,33 мг) уже получили положительный опыт лечебно-профилактического применения. Комплекс Тотема (Fe<sup>2+</sup>, Cu, Mn) успешно применен в ЖДА в сочетании с мицелированной формой витамина D3 у женщин в переходном менопаузальном периоде. При этом роль Cu рассматривают как:

- 1) опосредованное Cu-зависимой ферроредуктазой восстановление Fe<sup>2+</sup> до Fe<sup>3+</sup>, облегчающее взаимодействие с белком-транспортером;
- 2) потенцирование металлооксидазами (гефестин, церрулоплазмин) связывания Fe<sup>3+</sup> с трансферрином;
- 3) обеспечение антиоксидантной функции в структуре супероксиддисмутазы, предупреждающей диспептические расстройства;
- 4) роль Mn заключается в обеспечении транспорта Fe внутрь клеток и его регуляции в митохондриях.

Носителями железа в профилактических целях предпочтительны его глюконатные и fumarатные производные, а также соединения Fe (III) гидроксида полимальтоза, которые успешно применены в лечении тяжелых форм ДЖ при сердечной и почечной недостаточности [4, 5]. Детальный анализ биоэффективности, токсичности и возможности передозировок сделан О. А. Громовой и сотрудниками. Необходимо отметить потенциальную форму коллоидных форм Fe (в том числе разработанных в Республике Беларусь), которые предлагаются в комплексе с функционально связанными микроэлементами и витаминами и могут стать эффективными носителями железа и других микроэлементов в БАД и функциональных продуктах. Вероятно, проблема предупреждения IDWA (ЖДС) должна занимать ведущее место в структуре первоочередных задач гигиены питания.

Таким образом, рассмотрены состояния, связанные с дефицитом железа в питании: железодефицитная анемия и железодефицитное состояние без анемий, которые представляют значительную

проблему в гигиене питания. Обращено внимание на общность и различие указанных (предпатологических) состояний и необходимость расширения мониторинга в современной популяции. Поскольку недостаточное потребление железа имеет широкую симптоматику и проявляется в различных нозологических формах патологических процессов и при экстремальных нагрузках, предлагается расширенный подход для разработки и реализации схем коррекции адекватного статуса обеспеченности организма железом. Обосновывается необходимость применения функционально связанных микронутриентов (витаминов и микроэлементов) для повышения биодоступности и биоэффективности препаратов железа в структуре БАД и функциональных продуктов.

## Литература

1. Iron deficiency without anemia: a diagnosis that matters / A. Al-Naseem [at al.] // Clin. Med. (Lond). — 2021. — Vol. 21, № 2. — P. 107–113.
2. The role of oral iron in the treatment of adults with iron Deficiency / O. L. Jamie [at al.] // Eur. J. Haematol. — 2023. — Vol. 110, № 2. — P. 123–130.
3. Efficacy of iron supplementation on fatigue and physical capacity in nonanaemic iron-deficient adults: a systematic review of randomized controlled trials / B. L. Houston [at al.] // BMJ Open — 2018. — Vol. 8, Iss. 4. — P. e020977.
4. Значение использования препаратов железа и его молекулярных синергистов для профилактики и лечения железодефицитной анемии у беременных / О. А. Громова [и др.] // Рос. Вестн. акушера-гинеколога. — 2015. — Т. 4. — С. 85–94.
5. Эссенциальность и дефицит железа в питании: углубление известной проблемы нутрициологов / А. Г. Мойсеенок [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2023. — Т. 2, № 60. — С. 31–39.

Поступила 21.09.2023

## К ВОПРОСУ О БЕЗОПАСНОСТИ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ КОНТАКТА С ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИЕЙ

Осипова Т. С., *osits80@gmail.com*,  
Бондарук А. М., к. м. н., *bam-1962@tut.by*,  
Цыганков В. Г., к. м. н., доцент, *vgz@tut.by*,  
Полянских Е. И., к. х. н., *alena.ip@mail.ru*,  
Свинтилова Т. Н., *svintat@gmail.com*,  
Лебединская К. С., *chromatographic@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Среди множества нерешенных задач глобального масштаба одной из актуальных являются вопросы сохранения экологии. Ежегодно в мире производится около 140 миллионов тонн синтетических полимеров, и по истечении срока эксплуатации значительное их количество оказывается в экосистеме в виде бытовых и промышленных отходов. На пищевую упаковку приходится более 50% полимерных материалов, полученных из ископаемых ресурсов (нефти), при этом срок их службы, как правило, непродолжителен (длительность использования одноразовых фасовочных полимерных пакетов может составлять менее 10 минут). Такие явления, как большое тихоокеанское пластиковое пятно, морской мусор и присутствие микропластика в водопроводной воде, — следствие накопления полимерных отходов в окружающей среде [1].

К распространенным способам утилизации упаковки относятся пиролиз (сжигание), вторичная переработка и захоронение на полигонах. В процессе пиролиза в атмосферу выбрасываются токсичные газы, наибольшую опасность среди которых представляют фураны и диоксины, возникающие при сжигании хлорсодержащих отходов. Также сжигание полимерного мусора способствует глобальным изменениям климата в результате выброса углекислого и парниковых газов. Следует отметить, что вторичной переработке подвергаются не все полимерные материалы, при этом затруднены их сбор и сортировка.

Таким образом, проблемы, связанные с необходимостью защиты окружающей среды, сокращением энергоресурсов в мире и глобальным потеплением, привели к более широкому использо-

ванию существующих и поиску новых видов биоразлагаемых материалов. В научном сообществе существует мнение, что переход на использование биополимеров в качестве материалов для упаковки пищевых продуктов уже следует рассматривать не как возможность, а как необходимость.

Полимеры на биологической основе условно могут быть разделены на следующие виды [2].

1. Небиоразлагаемые — синтетические материалы из ископаемого нефтесырья: полиэтилен, полипропилен, ПВХ, полиэтилентерефталат, полистиролы, полибутилентерефталат, поликарбонаты, полиуретаны и другие.

2. Условно биоразлагаемые — синтетические материалы из ископаемого нефтесырья, способные подвергаться биодegradации. К ним относятся традиционные пластики, модифицированные при помощи особых добавок (например, d2w).

3. Небиоразлагаемые из природного сырья — «классические» полимеры типа полиэтиленов, ПВХ, сырье для которых частично или полностью получают из биомассы.

4. Биоразлагаемые из природного сырья (биополимеры).

Согласно общепринятым подходам, биоразлагаемый материал должен быть экологически безопасным на каждом этапе своего «жизненного цикла»: от сырья и этапов его производства до переработки и утилизации. Истинный экоматериал должен производиться из возобновляемых ресурсов, иметь соответствующие механические свойства и легко разлагаться до нетоксичных соединений. Возобновляемые растительные ресурсы являются практически неисчерпаемым источником полисахаридов (целлюлозы, гемицеллюлозы, крахмала), которые микробиологически конвертируются в различные виды веществ и соединений.

В настоящее время одним из перспективных биоразлагаемых материалов для изготовления упаковки является полилактид (далее — ПЛА) — продукт конденсации молочной кислоты. Для производства полимерных материалов молочная кислота предложена сравнительно недавно, однако в настоящее время именно она особенно востребована как перспективный биоразлагаемый мономер. При соответствующей обработке, предполагающей внесение в состав конечного изделия вспомогательных веществ и добавок (пластификаторов, стабилизаторов, наполнителей (в частности лигнина), инициаторов и др.), материалы на основе ПЛА могут выступать в качестве альтернативы синтетическим полимерам, таким как полистирол, полипропилен и полиэтилентерефталат. Лигнин является продуктом гидролиза древесины и представляет собой органическое полимерное соединение природного происхождения, содержащееся в клеточных оболочках деревьев. Материалы, содержащие лигнин, проявляют высокую устойчивость к практически любым механическим воздействиям, способны выдерживать значительные нагрузки, не повреждаться и не трансформироваться вследствие значительного внешнего воздействия [3].

Еще один перспективный материал, позиционируемый изготовителями как «экологичный» и «биоразлагаемый», представлен композициями на основе бамбука. Смешивание синтетических смол с натуральными растительными волокнами в настоящее время имеет ряд преимуществ как с точки зрения экономики, так и с социальной стороны: данный подход позволяет сократить использование нефтехимического сырья, способствовать использованию природных ресурсов, а также может снизить стоимость производства. Однако материалы, контактирующие с пищевыми продуктами (далее — МКП), произведенные путем смешивания натуральных растительных волокон с синтетическими смолами, могут создавать определенные риски здоровью потребителя. Многочисленные исследования показали миграцию различных химических веществ из указанного типа материалов, включая компоненты, полученные из растительных волокон, синтетических смол или добавок. Например, неоднократно обнаруживалось, что посуда из бамбукового волокна, смешанного с меламиноформальдегидной смолой, имеет высокую миграцию как формальдегида, так и меламина [4].

Однако в действующих нормативных документах требования безопасности полилактидных МКП и изделий из бамбука, предназначенных для контакта с пищевой продукцией, не установлены, а показатели безопасности меламиноформальдегидных смол предполагают определение в вытяжках из таких изделий только формальдегида.

В республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены» в рамках научно-исследовательских работ проведены испытания опытных образцов полилактидных материалов, в том числе модифицированных лигнином, и изделий из бамбука (посуды) на предмет миграции приоритетных химических веществ в модельные среды, имитирующие пищевую продукцию. Моделирование условий контакта материала с пищевой продукцией осуществлялось с учетом предполагаемой области и условий его применения согласно национальным методическим документам, определяющим порядок проведения санитарно-химических исследований.

Экспериментальные образцы полилактидных пленок для проведения исследований были представлены ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси». На основе идентификации и ха-

рактические опасности, ассоциированных с миграцией химических веществ из полилактидных МКП, формальдегид, ацетальдегид, ацетон и метанол были определены как приоритетные с точки зрения риска для здоровья потребителя соединения [5]. Так как согласно планируемому назначению полилактидных материалов предполагалось длительное хранение в них пищевой продукции, продолжительность контакта образцов с модельными средами при проведении исследований составляла 10 суток (максимальная). Результаты миграции отдельных химических веществ из образца полилактидной пленки, модифицированной лигнином, представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Оценка миграции химических веществ из образца полилактида, модифицированного лигнином, в модельные среды (мг/дм<sup>3</sup>)

Модельная среда	Формальдегид	Ацетальдегид	Ацетон	Метанол
Дистиллированная вода (горячая)	0,023 ± 0,004*	< 0,05	< 0,05	< 0,1
Дистиллированная вода (холодная)	0,021 ± 0,004*	< 0,05	< 0,05	< 0,1
1%-я уксусная кислота (горячая)	0,03 ± 0,004*	< 0,05	0,06 ± 0,01*	< 0,1
1%-я уксусная кислота (холодная)	< 0,02	0,07 ± 0,02*	< 0,05	0,14 ± 0,04*
2%-я лимонная кислота	0,042 ± 0,004*	< 0,05	0,19 ± 0,05*	0,11 ± 0,03*
2%-я уксусная кислота + 2%-я поваренная соль	0,02 ± 0,004*	0,11 ± 0,03*	< 0,05	0,18 ± 0,05*
Допустимые количества миграции	0,1	0,2	0,1	0,2

\* Результат измерений представлен с учетом расширенной неопределенности.

В результате проведенных исследований обнаружено наличие метилового спирта в вытяжках на основе поваренной соли и кислот, при этом наибольшие значения миграции отмечались в средах, содержащих уксусную кислоту, однако полученные данные не превысили установленные для метанола допустимые количества миграции (далее — ДКМ). Максимальные количества ацетона обнаружены в вытяжках 2%-й лимонной кислоты, а ацетальдегида — в кислотно-солевой среде, и составили 0,19, и 0,11 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. При этом обнаруженная концентрация ацетона превысила ДКМ для данного вещества. Присутствие обсуждаемых соединений в вытяжках может быть обусловлено как составом самого полилактида, так и наличием природного наполнителя в составе образца и требует дальнейшего изучения с оценкой их поступления в организм с рационом.

Для целей изучения уровней миграции меламина и формальдегида из образцов бамбуковой посуды изделия приобретались в розничной сети г. Минска. Всего было испытано 8 образцов бамбуковой посуды, представленной мисками и стаканами производства Китайской Народной Республики. Согласно рекомендациям изготовителей, данные изделия предназначались для непродолжительного контакта (не более 2 часов) с напитками и готовыми блюдами. Таким образом, при проведении эксперимента продолжительность контакта образцов с модельными средами составляла 1 сутки. Результаты максимальной миграции меламина и формальдегида представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Оценка миграции химических веществ из образцов бамбуковой посуды в модельные среды (мг/дм<sup>3</sup>)

Модельная среда	Формальдегид	Меламин
Дистиллированная вода (горячая)	7,300 ± 0,038*	0,69
Дистиллированная вода (холодная)	2,584 ± 0,038*	0,47
1%-я уксусная кислота (горячая)	43,25 ± 0,006*	0,94
1%-я уксусная кислота (холодная)	8,35 ± 0,022*	0,5
2%-я лимонная кислота	20,6 ± 0,005*	0,32
Допустимые количества миграции	0,1	Не установлен

\* Результат измерений представлен с учетом расширенной неопределенности.

В результате проведенных испытаний максимальные значения миграции как формальдегида, так и меламина из образцов бамбуковой посуды наблюдались в горячей (разогретый до 80 °С) раствор 1%-й уксусной кислоты и составляли 43,25 и 0,94 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. При этом концентрации формальдегида во всех вытяжках превышали установленный для него ДКМ. Провести гигиеническую оценку миграции меламина не представляется возможным, так как ДКМ для обсуждаемого вещества действующими нормативно-правовыми актами не установлено.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод, что материалы, предназначенные для контакта с пищевой продукцией, позиционируемые изготовителями как натуральные, экологичные и биоразлагаемые, могут являться источниками миграции различных химических веществ в контактирующие с ними среды. Указанное свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения закономерностей миграции приоритетных соединений из изделий, содержащих в своем составе растительные компоненты, с последующей оценкой их поступления в организм человека с рационом, что в дальнейшем будет способствовать обоснованию гигиенических требований безопасности таких материалов, а также позволит корректировать область их применения.

## Литература

1. Биодegradуемые пленочные материалы. Часть 1. Биодegradуемые пленочные материалы на основе синтетических и микробиологически синтезированных полимеров / А. Ш. Закирова [и др.] // Вестн. Казан. технол. ун-та. — 2014. — Т. 17, № 9. — С. 155–162.
2. *Абрамов, В. В.* Биополимеры: спасение или утопия? / В. В. Абрамов, Н. М. Чалая [и др.] // Пластические массы. — 2019. — № 5–6. — С. 63–66.
3. Биопластики на основе лигнина / Д. В. Тунцев [и др.] // Вестн. Казан. технол. ун-та. — 2014. — Т. 17, № 15. — С. 192–194.
4. Release of melamine and formaldehyde from melamine-formaldehyde plastic kitchenware / I. Ebner [et al.] // *Molecules*. — 2020. — Vol. 25, № 16. — P. 3629.
5. *Осипова, Т. С.* Идентификация и характеристика опасностей, ассоциированных с миграцией химических веществ из материалов, контактирующих с пищевой продукцией, на основе полилактида / Т. С. Осипова, Е. В. Федоренко, Е. В. Дроздова // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: С. И. Сычик (гл. ред.) [и др.]. — Минск: Изд. центр БГУ, 2021. — Вып. 31. — С. 101–113.

Поступила 13.09.2023

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ПРИМЕРНЫХ ДВУХНЕДЕЛЬНЫХ РАЦИОНОВ ШКОЛЬНИКОВ — ОПЫТ РАБОТЫ БАРАНОВИЧСКОГО ЗОНАЛЬНОГО ЦГИЭ

*Фурс Е. В., furs-92@mail.ru,  
Туркина Д. В., viola@brest.by,  
Ситун Д. Е., diana.e2021@mail.ru*

Государственное учреждение «Барановичский зональный центр гигиены и эпидемиологии», г. Барановичи, Республика Беларусь

Правильное питание играет ключевую роль в развитии детей. Тема организации школьного питания имеет особую актуальность, так как время пребывания детей в школе доходит до 10 часов в сутки. Гигиенически грамотно составленный рацион способствует нормальному физическому, интеллектуальному и эмоциональному развитию детей, а также укрепляет их иммунную систему. Анализ фактического питания позволяет внести своевременные коррективы в случае наличия отклонений, предупредить развитие заболеваний, а также не допустить ухудшения показателей здоровья детей.

При составлении рациона необходимо учитывать следующие факторы.

Наличие технологических карт, соответствующих технологическим возможностям пищеблока. Должны использоваться карты из утвержденных сборников технологических карт, соответствующих виду получаемого образования, сборников детского диетического питания, а также «фирменные» карты блюд, разработанные инженерами-технологами на основании актов контрольной проработки и утвержденные в определенном порядке.

1. Соответствие меню графикам и периодичности поставок, срокам хранения пищевых продуктов. Это имеет принципиальное значение при составлении рационов для учреждений образования в сельской местности, территориально удаленных учреждений.

2. Соответствие рациона денежным нормам. Недостаточность денежной нормы — основная причина внесения необоснованных изменений в рацион, ведущих к невыполнению норм питания, а также иных гигиенических характеристик рациона.



3. Наличие и набор необходимого технологического оборудования, количество квалифицированного персонала, занятого приготовлением пищи, являются важным фактором, учитывающим индивидуальные особенности учреждений образования (сложные в приготовлении блюда в учреждениях с малым количеством персонала следует исключать), мощность пищеблока (невозможно использовать одинаковый рацион для средней школы; школы, реализующей программу дошкольного образования; детского сада, совмещенного с центрами коррекционно-развивающего обучения и развития).

4. Анализ вкусовых предпочтений детей, рекомендации родителей. Актуальность данного фактора напрямую связана с количеством образующихся отходов, которые будут свидетельствовать о недополучении детьми необходимых пищевых веществ и энергии.

В связи с этим ежегодно специалистами Барановичского зонального ЦГиЭ организуется практическое обучение по составлению примерных и дневных (суточных) рационов с отработкой в программе электронного сопровождения меню. Это позволяет в дальнейшем избежать проблемных вопросов при внедрении рациона, а также создает условия для практического обучения персонала пищеблока гигиеническим подходам при разработке рациона и внесении изменений.

Специалистами Барановичского зонального ЦГиЭ за 2021 г. проведена гигиеническая оценка и анализ 15 рационов питания для детей, за 2022 г. — 46 рационов питания для детей, за истекший период 2023 г. — 31 рациона. Количество полученных отрицательных заключений по рационам составило 67, 74 и 77 % соответственно. Основные причины несоответствий рационов — невыполнение норм питания, несоблюдение требований к правильному соотношению белков, жиров и углеводов, недостаточная энергетическая ценность рациона и отдельных приемов пищи. Практический опыт показывает, что сложнее всего составлять рационы для школьников, а также для детей центров коррекционно-развивающего обучения и развития. С учетом специфики учреждений общего среднего образования Барановичского района (протяженность района, расположение малокомплектных школ на крайних точках района, наличие подвоза детей дошкольного возраста, совмещение графиков питания детей дотационных и льготных категорий), отмечается увеличение обращений за гигиенической оценкой рационов, отмечается невозможность использования одного «шаблонного» меню. К тому же изменились подходы к оценке — рацион составляется таким образом, чтобы вносимые в него изменения были минимизированы и проводились исключительно по обоснованным причинам (при непоставке продуктов либо при поломке оборудования и других аварийных ситуациях).

Порядок оценки рационов в Барановичском зональном ЦГиЭ состоит из следующих этапов.

Первый этап — оценка соответствия рациона общим требованиям, таким как количество приемов пищи, отсутствие повторяемости блюд, кратность использования колбасных изделий. Оцениваются преимущественные способы приготовления пищи, соблюдение кратности С-витаминизации, используемые кондитерские изделия, отсутствие запрещенных в детском питании блюд и блюд, приготовление которых нарушает принципы детской диететики. Учитывается и сезонность меню: летом и осенью необходимо увеличить количество растительных продуктов, зелени, сезонных овощей, фруктов. В холодное время года рацион должен быть обогащен белками. Калорийность суточного рациона детей в летнее время допустимо увеличить на 10 % в связи с увеличением двигательной активности детей.

Если первичная оценка рациона показывает, что нарушения отсутствуют, то вторым этапом оценки рациона является его оценка на соответствие пищевой и энергетической ценности.

Энергетическая ценность или количественная адекватность питания подразумевает соответствие энергии, поступающей с пищей, энергозатратам организма. Строгое соблюдение энергетической ценности (калорийности рациона) имеет принципиальное значение в учреждениях с круглосуточным пребыванием детей (интернатные учреждения, оздоровительные учреждения и др.). Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах — уровень суточного потребления пищевых веществ, достаточный для удовлетворения физиологических потребностей не менее чем 97,5 % населения с учетом возраста, пола, физиологического состояния и физической активности.

При проведении оценки врачом-гигиенистом выполняется сравнение фактических данных с рассчитанными нормативными значениями. При получении заниженных или завышенных значений оценивается набор блюд и продуктов в данный день. Анализ продуктового набора в дальнейшем позволяет дать рекомендации по корректировке: например, заменить продукты исходя из понятия нутриентной плотности пищи (оценка пищи с позиции калорийности / плотности нутриентов). Если завтраки или обеды рациона для 3-разового питания используются для организации одноразового питания, то отдельно проводится оценка достаточности калорийности и разнообразия этого приема пищи. Отклонения недопустимы — 80 % школьников питаются в школе всего 1 раз.

Далее важным гигиеническим аспектом является рациональное распределение общей калорийности по приемам пищи. Расчет проводится по пропорции в зависимости от режима пребывания ребенка в учреждении и типа учреждения. За норму принимаются рассчитанные показатели от общей физиологической потребности ребенка в зависимости от возраста, а не от фактически указанной в рационе.

Следующий этап — оценка адекватности питания и сбалансированности питательных веществ между собой. Достаточное поступление основных пищевых веществ (нутриентов), особенно их незаменимых компонентов, необходимо прежде всего для роста детского организма. Гармоничный рост и развитие осуществляются при сбалансированном питании. Для детей старше года энергоценность суточного рациона питания должна быть обеспечена на 10–15% за счет белков (при распаде 1 г образуется 4,3 ккал энергии), на 30–32% за счет жиров (при распаде 1 г образуется 9,3 ккал энергии) и на 55–60% за счет углеводов (при распаде 1 г образуется 4,3 ккал энергии). В соотношении это примерно 1:1:4 (за единицу принимаются белки как самый незаменимый компонент питания). Расчет проводится математически с применением принципов пропорции.

Дополнительный аспект в оценке рациона — это оценка выполнения норм питания. Среднесуточный рацион питания детей школьного возраста должен содержать около 30 наименований различных продуктов питания. С 2022 г. при гигиенической оценке проводилось условное разделение норм питания по основным продуктам и рекомендуемым. К основным продуктам, исходя из опыта работы, были отнесены 11 продуктов: мясо, рыба, птица, молоко и кисломолочные продукты, овощи, фрукты, соки, сметана, творог, сыр, яйцо. Невыполнение норм питания — первое основание для выдачи отрицательного заключения по рациону.

Все вышеперечисленные этапы включают в себя оценку рациона в соответствии с гигиеническими принципами. Дополнительно проводится оценка рациона по вопросам, не входящим в понятие «санитарно-эпидемиологические требования». Например, оценка технологических возможностей пищеблока, расчет временных затрат при приготовлении трудоемких блюд и т. д. Данные факторы важны, так как могут приводить к нарушениям санитарно-эпидемиологического законодательства при организации питания детей.

По завершении гигиенической оценки врачом-гигиенистом составляется перечень соответствий и несоответствий рациона, готовится заключение о возможности/невозможности использования рациона в произвольной форме с приложением акта анализа в виде таблицы Microsoft Excel. Таблица такого формата позволяет разработчику рациона наглядно показать несоответствия. В случае грубых несоответствий вносятся рекомендации по корректировке рациона.

Аналогично выполняется гигиеническая оценка рационов для детей, находящихся на диетическом (лечебном и профилактическом) питании, при этом учитываются рекомендации врача-педиатра, а также выполнение соответствующих приказов Министерства здравоохранения Республики Беларусь.

Таким образом, полученный результат — отсутствие невыполнения норм питания в учреждениях общего среднего образования по основным продуктам по необоснованным причинам. Поэтому гигиеническая оценка рациона питания для детей играет важнейшую роль в учреждениях образования для профилактики алиментарных заболеваний, позволяет обеспечить школьников здоровым и сбалансированным питанием. Вместе с тем при составлении рационов необходимо учитывать технологические возможности пищеблоков, трудовой резерв и квалификацию поваров.

## Литература

1. Детское питание: руководство для врачей / под ред. В. А. Тутельяна, И. Я. Коня. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. — С. 456–457.
2. Солтан, М. М. Оценка эффективности использования продуктов функционального назначения для коррекции рационов питания школьников / М. М. Солтан, Т. С. Борисова, А. В. Кривда // БГМУ в авангарде медицинской науки и практики: сб. науч. тр. / Белорус. гос. мед. ун-т; под ред. А. В. Сикорского, О. К. Дорониной. — Вып. V. — Минск: РНМБ, 2015. — С. 199–201.
3. Кучма, В. Р. Оценка структуры питания обучающихся в системе обучения детей и подростков здоровому питанию / В. Р. Кучма, А. Ю. Макарова // Рос. педиатр. журн. — 2018. — Т. 21, № 5. — С. 297–300.
4. Перевалов, А. Я. Выбор метода изучения питания детей в организованных коллективах при оценке риска здоровью / А. Я. Перевалов, Д. Н. Лир // Санитарный врач. — 2015. — № 9. — С. 15–21.
5. Кардакова, М. Сначала суп, потом десерт. Как составить полноценное меню и сформировать у ребенка правильные пищевые привычки / М. Кардакова. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2020. — С. 31–36.

Поступила 20.09.2023

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТНОЙ СТРАТЕГИИ, НАПРАВЛЕННОЙ НА ПРОФИЛАКТИКУ РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ У ШКОЛЬНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

*Хисматуллин Д. Р., hisdr@fcrisk.ru,  
Чигвинцев В. М., cvm@fcrisk.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Пермь, Россия

Распространенность артериальной гипертензии среди детей и подростков представляет собой актуальную проблему как в Российской Федерации, так и во всем мире [1]. Детская гипертензия неизбежно ведет к развитию других ассоциированных заболеваний, в конечном итоге снижая продолжительность жизни человека. В настоящее время единая методика профилактики заболеваний, учитывающая комплекс влияния негативных факторов и принимающая во внимание их совместное действие, отсутствует.

В современных научных исследованиях для анализа совокупного влияния большого массива факторов применяются математические методы с использованием искусственного интеллекта. Применение нейронных сетей позволяет анализировать крупные массивы данных, позволяя в короткие сроки и при меньших количествах ресурсов получить достоверные результаты.

Методы искусственного интеллекта в гигиенической науке используются для оценки эффективности системы социально-гигиенического мониторинга, обеспечивая более точные прогнозы в сравнении с результатами регрессионного моделирования [2]. Нейросетевые модели с высокой прогностической эффективностью могут применяться при разработке региональных стандартов физического развития, становясь основой информационных систем, осуществляющих оценку и прогнозирование риска здоровью детского населения [3]. Искусственный интеллект широко применяется при прогнозировании ожидаемой продолжительности жизни, учитывая факторы окружающей природной, техногенной и социальной среды [4].

Целью исследования являлось формирование оптимального рациона питания и образа жизни, снижающего вероятность развития болезней системы кровообращения у детей, обучающихся в школе, с использованием методов нейросетевого моделирования.

Основным источником информации о состоянии здоровья школьников, их рационе питания и образе жизни в исследовании выступали данные, предоставленные Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, полученные в результате проведения социологического исследования в рамках федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография». В рамках анкетирования использовалась анкета, разработанная по МР 2.3.0237-21 «Подготовка и проведение мониторинга состояния питания обучающихся в общеобразовательных учреждениях».

Данные социологического исследования содержали в себе результаты анкетирования 87 тысяч обучающихся, проведенного в 2020 и 2021 гг. в 49 регионах Российской Федерации. В результате исключения из базы данных выпадающих значений, обусловленных наличием в анкетах неполной информации, ошибок ввода, некорректно заполненных данных, в дальнейший математический анализ отобрана 61 тысяча анкет, содержащая ответы на 130 вопросов, характеризующих различные факторы образа жизни и пищевых предпочтений.

На основе данных социологического исследования были выделены показатели, определяющие риски формирования у детей патологии сердечно-сосудистой системы, которые отражают:

- 1) 6 факторов, определяющих воздействие эндогенных факторов, в том числе по наличию избыточной массы тела и ожирения у матерей и отцов;
- 2) 6 факторов, характеризующих влияние социальных и организационных факторов (семейные доходы, стоимость школьного питания, режим обучения детей, приверженность принципам здорового питания в домашнем питании, структура домашнего питания);
- 3) 30 факторов структуры питания детей, пищевые привычки и вкусовые пристрастия;
- 4) 19 факторов, относящихся к режиму дня и двигательной активности детей;
- 5) 55 факторов фактического питания;
- 6) распространенность хронических заболеваний у детей, в том числе избыточного веса, ожирения, болезней органов пищеварения, нарушений осанки, плоскостопия, анемий, заболеваний щитовидной железы.

Построение нейронных сетей на исследуемых данных проводилось при помощи библиотеки *neuralnet* в программном продукте R. Для проверки качества полученной модели определялись критерии чувствительности и специфичности. Качество нейросетевой модели оценивалось путем нахождения значения AUC в результате построения ROC-кривой. Для создания всех возможных комбинаций факторов с целью определения сочетаний, снижающих вероятность развития заболевания, использован метод Монте-Карло на основе 300 тысяч сгенерированных сценариев. Значимым определялся наиболее встречаемый фактор в выборке. Среднесуточное потребление пищевых продуктов является усредненным показателем, основанным на данных, представленных Федеральной службой государственной статистики Российской Федерации.

Полученная нейросетевая модель обладает внешним слоем факторов, двумя внутренними слоями нейронов (первый слой — 15 нейронов, второй слой — 5 нейронов) и выходным слоем, характеризующимся вероятностью развития заболеваний сердечно-сосудистой системы. Согласно проведенному ROC-анализу, коэффициент AUC полученной нейронной сети составляет 0,722, что говорит об удовлетворительной степени достоверности модели. Построение матрицы классификации полученной модели позволило установить параметры чувствительности и специфичности, равные 63%. Согласно проведенному математическому анализу, фоновая вероятность развития заболевания составляет 0,03295. Фактор считался влияющим, если частота его выбора в одной из двух групп (здоровые и дети с нозологией) превышала 50% для бинарных ответов и эквивалентное значение в вопросах с более чем двумя вариантами ответа.

В 52% семей респондентов с наличием ребенка с болезнью системы кровообращения не потребляют хлебобулочные изделия из муки 2-го сорта, с присутствием злаков, отрубей и пр. Данный фактор среди всех факторов, характеризующих рацион питания в семье, вносит наибольший вклад в развитие вероятности нозологии, повышая ее на 6%. Оптимальный промежуток между завтраком и первым приемом пищи в школе, согласно построенной нейронной сети, составляет 5 часов. При данном интервале, снижаясь до 5,05%, достигается максимальная минимизация вероятности развития заболевания.

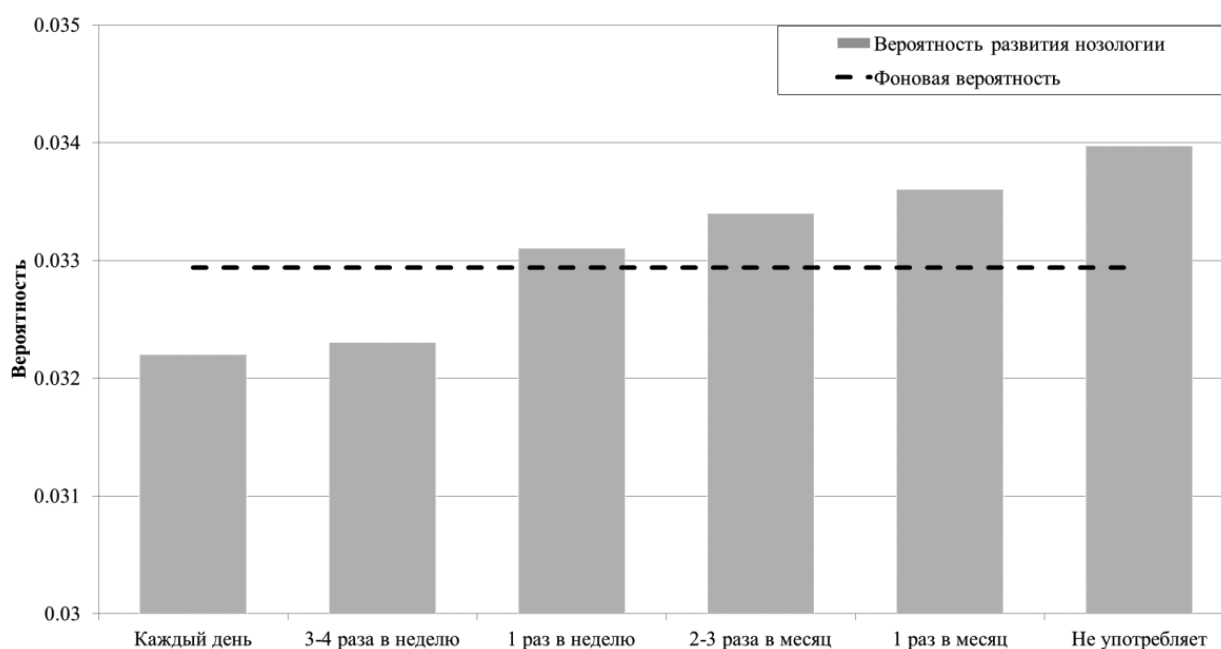
Источник еды на обед может оказывать влияние на развитие болезней системы кровообращения. Наибольший негативный вклад вносит покупка пищевых продуктов на обед в вендинговых аппаратах. Предпочитают на обед покупать пищу в вендинговом аппарате 60% детей с наличием нарушений сердечно-сосудистой системы. При этом вероятность развития болезней системы кровообращения повышается до 22%. В связи с этим представляет важность оценка уровня вклада в вероятность развития заболевания продуктов, реализуемых в вендинговом аппарате.

Наиболее популярными покупками у детей с наличием сердечно-сосудистых заболеваний являются зефир, пастила, мармелад. 65% детей с наличием заболевания отдают предпочтение покупке данных продуктов на обед. Однако их вклад в развитие нозологии составляет 0,001, повышая вероятность развития нозологии до 1,07%. Вторым по популярности продуктом среди школьников с наличием болезней системы кровообращения являются сладкие газированные напитки. 54% детей с заболеванием предпочитают покупать данный продукт на обед. Несмотря на меньшую популярность продукта, именно он вносит наибольший вклад в развитие заболеваемости, увеличивая вероятность развития нозологии до 0,036, что увеличивает вероятность развития болезней системы кровообращения на 10%. Стоит также отметить, что среди детей с данным заболеванием распространена покупка бутилированной воды в вендинговом аппарате. Регулярная покупка воды может свидетельствовать о частом потреблении соленой/сладкой пищи, являющейся фактором риска развития болезней системы кровообращения. Среди детей без заболеваний сердечно-сосудистой системы наиболее популярным продуктом в вендинговом аппарате являются фрукты.

Уровень физической активности в обеих исследуемых группах одинаковый, из чего можно сделать вывод, что данный фактор оказывает меньший вклад в развитие болезней системы кровообращения у школьников.

Проанализирована частота потребления пищевых продуктов школьниками. Частота потребления каш оказывает влияние на развитие болезней системы кровообращения. При этом для минимизации их развития школьникам необходимо наличие каш в рационе питания не менее 3–4 раз в неделю. Полное отсутствие продукта может увеличить вероятность развития сердечно-сосудистых заболеваний до 0,03397. На рисунке 1 проиллюстрирован пример полученного распределения вероятностей.

Картофель, являясь продуктом с высоким гликемическим индексом, согласно проведенному математическому моделированию, может повысить вероятность развития болезней системы кровообращения. При этом вероятность развития заболевания при ежедневном потреблении картофеля выше, чем от отсутствия каш в рационе питания (0,3406).



**Рисунок 1 — Распределение вероятностей развития болезней системы кровообращения у школьников в зависимости от частоты употребления каш**

Как ежедневное потребление, так и отсутствие рыбы и продуктов из нее в рационе питания может увеличить вероятность развития болезней системы кровообращения. Так, согласно литературным данным [5], высокая частота потребления жирной рыбы может оказать негативное воздействие на развитие нозологии. Согласно математическому моделированию, ежедневное употребление рыбы вносит в вероятность развития болезней системы кровообращения больше, чем отсутствие продукта в рационе питания. Однако наиболее оптимальной частотой потребления, согласно нейросетевому анализу, является присутствие рыбы в рационе школьника 1 раз в неделю. Данный рацион питания способен снизить вероятность развития болезней системы кровообращения до 5 %.

Отказ от употребления «вредных» пищевых продуктов как стратегия минимизации развития болезней системы кровообращения вносит большой вклад в снижение вероятности развития нозологии, чем увеличение потребления «полезных» продуктов. Так, отсутствие майонеза в рационе питания снижает вероятность развития нозологии до 3,22 %, тортов и пирожных — до 8,69 %, тогда как ежедневное потребление фруктов снижает вероятность развития нозологии до 1,75 %, а овощей — до 2,05 %.

В результате анализа математической модели установлено, что наилучшей стратегией, снижающей вероятность развития заболевания, является предпочтение в выборе в рационе питания хлеба из муки 2-го сорта, питание в школьной столовой или едой, принесенной из дома, снижение частоты покупок сладких газированных напитков, исключение из ежедневного рациона питания майонеза, тортов и пирожных. Увеличение частоты потребления фруктов и овощей желательнее, но для достижения цели снижения вероятности развития болезней системы кровообращения не так важно, как исключение «вредных» продуктов питания. При условии выполнения всех вышеуказанных рекомендаций вероятность развития болезней системы кровообращения у школьника может снизиться на 15 %.

Предложенный метод анализа данных может быть использован для корректировки рациона питания с учетом особенностей пациента. В дальнейших исследованиях планируется анализ влияния рациона питания и образа жизни с учетом возраста, пола и других характеристик школьника, в том числе учитывая имеющиеся у него заболевания.

## Литература

1. Global Prevalence of Hypertension in Children: A Systematic Review and Meta-analysis / P. Song [et al.] // JAMA Pediatr. — 2019. — Vol. 173, № 12. — P. 1154–1163.
2. Марченко, Б. И. Нейронные сети в задачах аналитического обеспечения систем социально-гигиенического и экологического мониторинга / Б. И. Марченко, Н. К. Плуготаренко, О. А. Семина // Здоровье населения и среда обитания — ЗНиСО. — 2021. — Т. 29, № 11. — С. 23–30.

3. Нейросетевое моделирование при изучении физического развития детского населения / С. Б. Петров [и др.] // Вят. мед. вестн. — 2020. — № 4 (68). — С. 49–53.

4. Ефимова, Н. В. Опыт использования искусственных нейронных сетей при прогнозировании заболеваемости населения (на примере г. Братска) / Н. В. Ефимова, А. Ю. Горнов, Т. С. Зароднюк // Экология человека. — 2010. — № 3. — С. 3–7.

5. Gochfeld, M. Good fish/bad fish: a composite benefit-risk by dose curve / M. Gochfeld, J. Burger // Neurotoxicology. — 005. — Vol. 26, № 4. — P. 511–520.

Поступила 09.10.2023

## ОСОБЕННОСТИ ЭФФЕКТОВ ЭКСПОЗИЦИИ ПРИРОДНОГО ГАПТЕНА CHLORELLA GROWTH FACTOR В УСЛОВИЯХ *IN VITRO* (НА ПРИМЕРЕ ФАГОЦИТАРНОЙ АКТИВНОСТИ КЛЕТОК ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ)

Ширинкина А. С., [shirinkina.ali@yandex.ru](mailto:shirinkina.ali@yandex.ru),  
Долгих О. В., д. м. н., профессор, [oleg@fcrisk.ru](mailto:oleg@fcrisk.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Пермь, Россия

Одним из важнейших факторов, оказывающим влияние на здоровье человека, является питание. Только полноценное и рациональное питание обеспечивает нормальный рост и развитие организма, поддержание высокой работоспособности и физической активности. Основой рационального питания служит потребность организма в тех или иных веществах и элементах. С необходимостью активного противостояния новым вирусам и болезням возрастает актуальность введения в рацион растительной пищи [1]. Микроводоросли являются древнейшими микроорганизмами, находятся у истоков трофических систем, играют важную роль в функционировании всей биосферы. Многообразие содержания нутриентов формирует потенциал для использования микроводорослей в пищевой, косметической и фармацевтической промышленности [2].

В мире существует огромная индустрия биологически активных добавок на основе микроводорослей, в основном хлореллы и спирулины. Впервые водорастворимые производные хлорофилла предложили использовать для медицинских целей в виде перорального или внутривенного применения хлориновых смесей. В результате были отмечены низкая токсичность, гипотензивное, антисклеротическое, спазмолитическое, обезболивающее, противоревматоидное действие, что послужило основанием к использованию водорастворимых хлоринов для профилактики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний, атеросклероза, ревматоидного артрита [3].

На сегодняшний день коммерческим производством микроводорослей занимаются более чем в 60 странах, последние несколько лет наблюдается рост объема продаж продуктов из микроводорослей. Это связано с тенденцией и запросом человечества на альтернативные источники белка и микроэлементы, содержащиеся в микроводорослях [4].

Производимая хлореллой биомасса отличается высочайшим содержанием полноценных белков, жиров, углеводов, витаминов, макро- и микроэлементов. Особый комплекс нутриентов, образующихся внутри клеток хлореллы в процессе фотосинтеза, — фактор роста хлореллы (далее — CGF) содержит в себе абсолютно все необходимое для их эффективной жизнедеятельности и ускоренной регенерации, что делает его привлекательным с точки зрения создания и применения программ нутриентной поддержки организма. Так, проведенными ранее исследованиями выявлено стимулирующее влияние хлореллы на систему фагоцитоза [5].

Цель исследования: изучение влияния на организм экспозиции природного гаптена *Chlorella Growth Factor* (CGF) на примере фагоцитарной активности клеток периферической крови взрослых и детей в условиях *in vitro*.

Группу сравнения составили взрослые и дети  $n = 20$  (10 женщин, в возрасте от 26 до 40 лет, средний возраст которых составил 31,5 года, и 10 девочек в возрасте от 8 до 10 лет, средний возраст которых составил 9,6 лет). Предметом исследования являлась периферическая кровь. Информированное согласие на участие в исследовании и использование персональных данных подписано

родителями (опекунами) детей. Все родители (опекуны) обследованных детей ознакомились с добровольным информированным согласием на участие в научном исследовании. Исследование проводилось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (пересмотренной в 2013 г.) и одобрено этическим комитетом ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Критерии исключения из группы исследования: несоблюдение критериев отбора, девиантное поведение (в том числе психические заболевания).

Исследование фагоцитарной активности клеток проводили с использованием формализированных эритроцитов барана в качестве объектов фагоцитоза (НПО «Микроген», Москва). Концентрат содержит 60–70 млн/мл живых клеток, суспензия — 30–40 млн/мл живых клеток, содержащих *Chlorella Growth Factor* (ООО «Зеленое Солнце»).

Статистическая обработка результатов исследования выполнена с помощью Microsoft Excel 2003 и пакета прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft, USA). Для проверки статистических гипотез о виде распределения был применен критерий Колмогорова — Смирнова. Во всех случаях распределение признаков соответствовало закону нормального распределения. Количественные признаки представлены как среднее арифметическое  $\pm$  ошибка среднего ( $M \pm m$ ). Для оценки значимости различий зависимых выборок использовали t-критерий Стьюдента. Проверка нулевых гипотез об отсутствии различий между долями выполнена с помощью критерия  $\chi^2$ . Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось  $p < 0,05$ .

Результаты экспериментальных исследований образцов крови (гранулоцитарный росток) *in vitro* позволили установить наличие изменений со стороны показателей иммунной системы. Сводные результаты изучения влияния *Chlorella Growth Factor* на фагоцитарную активность клеток взрослых и детей представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Сравнительная характеристика показателей спонтанного и индуцированного фагоцитоза взрослых и детей в условиях *in vitro* ( $n = 20$ ) ( $M \pm m$ )

Показатель	Физиол. норма	Пробы взрослых без добавления CGF	Проба взрослых с концентратом CGF	Пробы детей без добавления CGF	Проба детей с концентратом CGF	p <sup>1</sup>	p <sup>2</sup>
Процент фагоцитоза, %	35–60	46,3 $\pm$ 3,20	57,8 $\pm$ 4,36	44,6 $\pm$ 3,47	51,5 $\pm$ 3,61	0,001	0,04
Фагоцитарное число, у. е.	0,8–1,2	1,29 $\pm$ 0,13	1,89 $\pm$ 0,17	1,19 $\pm$ 0,14	1,54 $\pm$ 0,14	0,000	0,04
Фагоцитарный индекс, у. е.	1,5–2	2,74 $\pm$ 0,12	3,27 $\pm$ 0,17	2,64 $\pm$ 0,18	3,55 $\pm$ 0,31	0,003	0,04
Примечания: 1) p <sup>1</sup> — сравнение взрослых с добавлением CGF концентрата; 2) p <sup>2</sup> — сравнение детей с добавлением CGF концентрата.							

Сравнительный анализ с показателями физиологической нормы позволил установить статистически значимую в 1,65 и 1,5 раза стимуляцию относительного фагоцитоза в опытных образцах. Установлено статистически значимое увеличение фагоцитоза после внесения в опытные пробы концентрата в 1,25 раза у взрослых и в 1,15 раза у детей ( $p \leq 0,05$ ). Частота встречаемости проб с пониженным процентом фагоцитоза относительно физиологической нормы в спонтанном состоянии у взрослых и детей составляла 10 %, в то время как в опытных образцах, с добавлением концентрата CGF, дефицит активности фагоцитоза не выявлен. Гиперактивность спонтанного фагоцитоза зафиксирована в 10 % проб в каждой группе, а индуцированного CGF — в 50 % проб у взрослых, и 40 % проб у детей.

По критерию фагоцитарного числа спонтанный фагоцитоз был достоверно выше в 1,6 и 1,3 раза относительно физиологической нормы. Индуцированное *Chlorella Growth Factor* значение фагоцитарного числа отличалось повышенным уровнем в 1,5 раза у взрослых и 1,3 раза у детей по сравнению с контрольными пробами ( $p \leq 0,05$ ). Пробы с заниженными значениями фагоцитарного числа отмечались исключительно при изучении спонтанного фагоцитоза в обеих группах и составляли 10 %. Избыточность фагоцитарного числа установлена в 40 % проб у взрослых и 30 % проб у детей, не индуцированных *Chlorella Growth Factor*, а также в 80 % и 60 % соответственно при добавлении концентрата.

Спонтанный уровень фагоцитарного индекса превышал норму в 1,7 раза у взрослых и 1,8 раза у детей ( $p \leq 0,05$ ). При добавлении фактора *Chlorella Growth Factor* фагоцитарный индекс статистически значимо увеличивался в 1,2 и 1,35 раза относительно контроля у взрослых и детей соответственно. Во всех изучаемых образцах регистрируется повышение показателя фагоцитарного индекса относительно физиологической нормы. В группе взрослых превышение нормы наблюдалось в 100% проб в спонтанных и индуцированных образцах, тогда как в группе контроля детского населения гиперактивность фагоцитоза встречалась в 80% проб, достигая 100% при внесении CGF.

Исследование *in vitro* показало, что *Chlorella Growth Factor* вызывает активацию компарментов врожденного клеточного иммунитета, что укрепляет иммунный ответ на примере системы фагоцитоза. Эффект стимуляции активности гранулоцитов наблюдался как у взрослых, так и у детей, что указывает на то, что *Chlorella Growth Factor* может быть эффективным в качестве активатора клеточного иммунитета в случае клинических показаний к применению для различных возрастных групп. Полученные экспериментальные результаты имеют практическое значение и позволяют рекомендовать к использованию *Chlorella Growth Factor* в качестве нутриентной добавки для оптимизации функционирования иммунной системы в случае иммунодефицитного профиля человека вне зависимости от возраста.

## Литература

1. *Хачерян, А. В.* Имбирь аптечный: применение в качестве антиоксиданта и иммуномодулятора при снижении иммунитета // Свободные радикалы, антиоксиданты и старение: сб. материалов IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 90-летию юбилею Д. Л. Теплового, Астрахань, 11–12 нояб. 2021 г. — Астрахань: Изд. дом. «Астраханский ун-т», 2021. — С. 111–114.

2. Водоросли — источник биополимеров, биологически активных веществ и субстрат в биотехнологии. Часть 1. Биополимеры клеток тканей водорослей / И. А. Наумов [и др.] // Вестн. технол. ун-та. — 2015. — № 1. — С. 184–188.

3. *Туманова, А. Л.* Экспериментальные исследования по изучению влияния пищевой суспензии микроводоросли *Chlorella vulgaris* на организм человека / А. Л. Туманова // Междунар. журн. прикладных и фундам. исслед. — 2011. — № 9. — С. 85–88.

4. *Хвойников, А. Н.* Тенденции и статистика развития рынка микроводорослей / А. Н. Хвойников, Е. Д. Сангалова, О. Ю. Орлова // Вестн. алтайской акад. экономики и права. — 2021. — № 4–2. — С. 278–282.

5. *Ширинкина, А. С.* Изучение особенностей влияния природного гаптена *chlorella growth factor* на иммунорегуляцию *in vitro* / А. С. Ширинкина, О. В. Долгих // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения — 2022: материалы Всерос. науч.-практ. интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с междунар. участием. — Пермь, 2022. — С. 298–301.

Поступила 12.09.2023



## Раздел 5

# ГИГИЕНА ПИТАНИЯ. ТЕЗИСЫ

### ФЕРМЕНТИРОВАННЫЕ МОЛОЧНО-ЗЕРНОВЫЕ ПРОДУКТЫ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ КОМБИНАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МОЛОКА

Андросова Н. Л. [info@niidp.ru](mailto:info@niidp.ru),  
Фелик С. В., к. б. н., [info@niidp.ru](mailto:info@niidp.ru)

Научно-исследовательский институт детского питания — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Молоко — обязательный, не подлежащий замене продукт детского питания. В то же время одним из перспективных направлений является создание комбинированных продуктов на молочно-зерновой основе.

Сочетание полезных качеств молочных и зерновых компонентов позволяет получать гармоничные по составу и свойствам композиции. Молочно-зерновые продукты обладают функциональными свойствами. В их комбинациях содержатся: белок, богатый незаменимыми аминокислотами (животный и растительный); полиненасыщенные жирные кислоты (растительный жир злакового ингредиента); пищевые волокна (плодовые и семенные оболочки злаков); витамины (С, В1, В2, В6, Е, каротин), в том числе антиоксиданты (Е, бета-каротин); олигосахариды и минеральные вещества.

Проведенные исследования позволили подобрать молочную основу из комбинации молока различных видов сельскохозяйственных животных (коровы и козы). Комбинация различных видов молока позволила сделать молочную основу более сбалансированной. Содержание белков в молоке коз и коров практически не отличается. При этом жир козьего молока представлен в виде мелких жировых частиц (порядка 1 мкм), что обеспечивает развитую поверхность жировой фазы, доступность пищеварительных ферментов и, как следствие, легкую усвояемость. По минеральному составу козье молоко несколько превосходит коровье в отношении содержания кальция, железа, калия, марганца и меди. В подобранной основе показатели аминокислотной сбалансированности были наиболее близки к эталонным значениям. Для молочной основы было выбрано соотношение коровьего и козьего молока 70 : 30.

Изучение состава и пищевой ценности различных видов муки зерновых культур позволило подобрать наиболее подходящие по аминокислотному и жирнокислотному составу для продуктов детского питания. Для установления оптимального соотношения «молоко — мука» были отработаны различные варианты процентного внесения муки.

В результате анализа полученных данных были разработаны две рабочие рецептурные композиции с различными видами муки, с использованием овсяной/льняной муки и рисовой/льняной муки. Проведены исследования аминокислотного состава разработанных продуктов. Скор незаменимых аминокислот молочно-зерновой смеси образцов превосходит 100 %, что говорит о сбалансированности аминокислот в подобранных композициях по отношению к эталону белка для детей старше 4-летнего возраста.

Исследование процесса ферментации продукта позволило подобрать оптимальную закваску, содержащую в своем составе *L. acidophilus*, которая придает продукту мягкий, умеренно-кислый вкус, выраженный приятный аромат со слабым привкусом внесенной муки и гомогенную консистенцию.

Полученные результаты позволят в дальнейшем корректировать разработанные рецептуры и разработать схему технологического производства молочно-зерновых продуктов.

Поступила 06.09.2023

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУХОЙ ДЕМИНЕРАЛИЗОВАННОЙ СЫВОРОТКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НАПИТКОВ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ

*Антипова Т. А., д. б. н., info@niidp.ru,  
Симоненко С. В., д. т. н., info@niidp.ru*

Научно-исследовательский институт детского питания — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Одним из наиболее перспективных направлений промышленной переработки молочной сыворотки является производство на ее основе напитков, включающих разнообразные ингредиенты. Наиболее часто используемыми ингредиентами для производства сывороточных напитков являются: фруктовые наполнители, пищевые ароматизаторы и красители, стабилизаторы, регуляторы кислотности, витаминные и минеральные премиксы, подсластители; про- и пребиотики, антиокислители и др. Сывороточные напитки, выпускаемые в настоящее время промышленностью, предназначены для питания населения различных возрастных групп. Однако, учитывая высокую биологическую ценность используемого для их производства сырья, представляется целесообразным проведение научных исследований с целью создания технологий специализированных продуктов для детского питания.

Анализ состава и используемых ингредиентов показывает, что для производства продуктов специализированного питания наиболее широко используется сухая деминерализованная молочная сыворотка, что объясняется ее высокими органолептическими характеристиками, гарантированными показателями качества и безопасности.

В ходе проведенных экспериментальных исследований нами была изучена возможность применения различных ингредиентов для разработки состава, рецептур и технологий специализированных продуктов для детского питания. Для исследований выбрана сухая подсырная сыворотка со степенью деминерализации 70%. В качестве обогащающих ингредиентов использованы сухие растительные порошки: экстракты шиповника и боярышника, а также сухие соки абрикоса, облепихи, яблока, груши, малины, брусники, клубники, манго.

При использовании фруктовых порошков наиболее приемлемыми в плане органолептического восприятия оказались образцы с яблочным, облепиховым соком и соком манго при дозировке наполнителя в количестве 5%. При оценке напитков с растительными экстрактами дегустаторами было отдано предпочтение продукту с экстрактом шиповника, вносимым в количестве 3%.

По результатам исследований разработаны рабочие рецептуры сухих напитков, включающие сухую деминерализованную сыворотку, сухие кокосовые сливки, сухой мед, кукурузный крахмал и наполнители: сухой сок манго и сухой экстракт шиповника.

Технология производства продукта одним из основных этапов предполагает сухое смешивание используемых компонентов. В условиях экспериментального производства проведены выработки по изучению эффективности процесса смешивания на гравитационном смесителе с исследованием физических параметров применяемых порошкообразных ингредиентов: размер частиц, массовая доля сухих веществ, насыпная масса.

Эффективность смешивания оценивали по результатам определения содержания ключевого компонента, в качестве которого был выбран витамин С. Смешивание считали эффективным, если в каждой из проб отклонение содержания витамина С не превышало 10%.

Согласно полученным результатам можно констатировать: время смешивания порошкообразных ингредиентов, обеспечивающее равномерность распределения ингредиентов в заданном объеме, зависит от частоты вращения емкости смесителя; последовательности загрузки ингредиентов; полноты использования полезного объема емкости и рецептурного состава исследуемого продукта.

Поступила 06.09.2023

# ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА ЧЕРНИКИ И ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ ФЕРМЕНТОВ ЛИПОГЕНЕЗА *DE NOVO* И АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ У КРЫС С ОЖИРЕНИЕМ

Балакина А. С., [balakina.a.s@yandex.ru](mailto:balakina.a.s@yandex.ru),  
Трусов Н. В., [nikkitosu@yandex.ru](mailto:nikkitosu@yandex.ru)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

По данным ВОЗ, 13% взрослого населения планеты в настоящее время страдают ожирением. Ожирение является одним из основных факторов риска развития хронических заболеваний, таких как гипертония, инсулинорезистентность, диабет и сердечно-сосудистые заболевания.

Антоцианины — это полифенольные соединения, часто встречающиеся в рационе современного человека в ягодах, фруктах и овощах. Имеются данные, что они способны оказывать противовоспалительное, антиоксидантное и гиполипидемическое действие. Однако конкретные молекулярные механизмы, посредством которых антоцианины влияют на развитие ожирения, до конца не изучены. Целью данного исследования являлось изучить влияние антоцианинов черники и черной смородины на развитие ожирения у крыс Вистар.

Эксперимент проводили на трех группах крыс самцов линии Вистар (по 8 шт. в группе) с исходной массой  $108 \pm 2$  г. В течение 12 недель крыс 1-й группы (парный контроль) кормили полусинтетическим рационом на основе AIN93, в количестве, равном среднему потреблению во 2-й группе животных, получавших *ad libitum* высококалорийный холинодефицитный рацион (далее — ВКХДР). Крысам 3-й группы давали в составе ВКХДР стандартизованный экстракт черники и черной смородины (30% антоцианинов, Healthberry 865, Evonik Nutrition & Care GmbH, Германия) в среднесуточной дозе 15 мг антоцианинов / кг массы тела. Животные получали воду *ad libitum*, ВКХДР — из расчета 20 г сухого корма на крысу в сутки.

В печени крыс оценивали экспрессию генов методом полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией в режиме реального времени (далее — ПЦР-ОТ). Выделение общей РНК из ткани печени проводили с помощью реагента TRI REAGENT («Sigma-Aldrich», США), а синтез комплементарной ДНК — с использованием набора MMLV RT kit (Евроген, Россия) согласно протоколу производителей. Для ПЦР-ОТ в режиме реального времени применяли праймеры и зонды ООО «ДНК Синтез» (Россия). Реакционная смесь для ПЦР общим объемом 25 мкл содержала 2,5 мкл кДНК (разведение 1 : 10), полученной в реакции обратной транскрипции из 2 мкг тотальной РНК, 2,5 мкл 10x Taq Turbo буфера для HS Taq ДНК-полимеразы (с 2,5 mM  $MgCl_2$ ) (Евроген, Россия), 1 мкл (F + R) праймеров (10 мкМ), 0,5 мкл зонда FAM (10 мкМ), 1,0 мкл смеси dNTPs (10 mM) (Евроген, Россия), 0,25 мкл HS Taq ДНК-полимеразы (5 ед/мл) (Евроген, Россия), 17,25 мкл воды без нуклеаз (Thermo Scientific, США). Амплификацию проводили на приборе CFX 96 (Bio-Rad, США). Экспрессию генов оценивали по значению порогового цикла и нормализовали относительно референсных генов *Actb* и *Gapdh* методом  $2^{-\Delta\Delta Ct}$ . Для установления статистически значимых различий ( $p < 0,05$ ) между группами животных применяли тест Kruskal — Wallis и в качестве *post hoc* теста критерии множественного сравнения Dann.

Независимо от включения антоцианинов в ВКХДР у крыс обнаруживали достоверное увеличение массы тела, относительной массы брюшинного жира и содержания общего жира в печени.

В группе животных, получавших ВКХДР, было обнаружено снижение экспрессии генов липогенеза *de novo*: ацетил-КоА-карбоксилазы на 80%, синтазы жирных кислот на 90% и стеароил-КоА десатуразы на 98%. Также была обнаружена тенденция к снижению количества мРНК карнитинпальмитоилтрансферазы, являющейся лимитирующим звеном  $\beta$ -окисления жирных кислот, нарушение метаболизма которых приводит к развитию дислипидемии. В печени крыс не было выявлено влияние ВКХДР на ферменты антиоксидантной защиты: супероксиддисмутазы и каталазы, при этом экспрессия глутатионпероксидазы достоверно на 29% превышала контрольный уровень. Также важно отметить, что ВКХДР приводил к выраженному снижению на 78% экспрессии фермента, участвующего в заключительной стадии гликолиза, — пируваткиназы.

Включение в рацион испытуемых животных антоцианинов черники и черной смородины в дозировке 15 мг/кг массы тела не влияло на степень выраженности метаболических нарушений, вызванных потреблением ВКХДР.

Научно-исследовательская работа проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания (№ FGMF-2022-0003).

Поступила 25.09.2023

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

Величко О. О., [velichkoolgao@mail.ru](mailto:velichkoolgao@mail.ru),  
Федоренко Е. В., к. м. н., доцент, [pitanie\\_f@rspch.by](mailto:pitanie_f@rspch.by),  
Цемборевич Н. В., к. м. н., [pitanie\\_f@rspch.by](mailto:pitanie_f@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Питание является одним из наиболее важных факторов жизнедеятельности человека. Изучение фактического питания имеет большое социально-экономическое и гигиеническое значение и направлено на получение качественной и количественной характеристики факторов питания, воздействующих на человека, оценки их соответствия потребности организма в пищевых веществах и энергии при определенных условиях.

В Республике Беларусь применяются различные методы оценки фактического питания населения (метод 24-часового воспроизведения (опросно-анкетный), метод анализа частоты потребления пищевых продуктов, балансовый, весовой, аналитический (по меню-раскладкам), статистический и другие), изучающие уровни потребления отдельных пищевых продуктов, которые для целей оценки экспозиции соотносятся с количеством в них изучаемых(ого) химических(ого) веществ(а) и позволяют получать информацию о теоретических (расчетных) суточных рационах. Выбор метода определяется в зависимости от целей научного исследования.

Однако приведенные методы имеют погрешность в связи с тем, что используют справочные данные о химическом составе пищевых продуктов, не позволяющие в полной мере учесть потери пищевых веществ в процессе тепловой и кулинарной обработки пищи, а также характеризуются рядом неопределенностей, которые включают субъективность воспроизведения структуры потребления респондентами и вариативность уровней содержания как потенциально опасных для здоровья, так и эссенциальных веществ в отдельных пробах пищевой продукции.

На международном уровне предлагается использовать методы, основанные на исследовании полного рациона (Total diet study), рекомендованные для включения в национальные программы мониторинга питания (EFSA, FAO, WHO, 2011). В настоящее время в республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены» в рамках задания подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 годы, ведется разработка методов гигиенической оценки репрезентативных рационов населения республики. Под репрезентативным рационом в рамках данного проекта понимается однородная смесь пищевых продуктов и блюд, качественная и количественная характеристика которой максимально соответствует типичной структуре суточного потребления в изучаемой группе населения, полученной с использованием расчетных методов, с учетом потерь и превращений химических веществ, происходящих в процессе реальной кулинарной обработки, используемой питьевой воды. Целью изучения репрезентативных рационов является получение релевантной информации о целевых химических веществах — контаминантах или нутриентах в питании определенных групп населения, которые основываются на данных аналитического их определения в рационах.

При выполнении указанной научно-исследовательской работы проведена адаптация метода анализа частоты потребления пищевых продуктов. Для реализации цели исследования значимой задачей являлась разработка опросника. Сбор большого массива данных и его обработка на бумажном носителе относятся к трудоемким и длительным процессам. Интенсивное развитие и распространение современных цифровых технологий позволило автоматизировать данные процессы и с использованием *онлайн*-инструмента разработать Google Форму анкеты анализа частоты потребления пищевых продуктов, включающую данные о фактическом питании различных групп населения, преобладающих способах кулинарной обработки пищевых продуктов, используемых вкусовых ингредиентах (сахара, соли), потребления питьевой воды.

Структура анкеты состоит из общей и основной частей. К опроснику приложены рекомендации по заполнению для обследуемых и создана подробная видеoinструкция с указаниями по заполнению каждого из блоков.

Общая часть анкеты содержит анкетные данные (фамилия, имя, отчество, город проживания, пол, возраст), антропометрические данные (рост, масса тела), а также уточняется, придерживался ли респондент за предыдущий 30-дневный период постов или диет, уточняется согласие на статистическую обработку и обработку персональных данных.

Основная часть анкеты представляет собой опросник из 12 разделов о потребляемых продуктах и блюдах, объединенных в группы, на протяжении 30 дней: хлебобулочные изделия, крупы, макароны, овощи, фрукты, кондитерские изделия, масла, жиры, мясо и мясные продукты, рыба, молоко и молочные продукты, напитки, соусы, чипсы, сухарики и другие снеки.

Для наглядного представления к каждому вопросу приложены фотографии в натуральную величину для 1 стандартной порции продуктов с указанием массы, а также изображения, включенные в «Альбом порций продуктов и блюд». Респондентам предлагается ответить на вопросы относительно частоты употребления предложенного продукта или блюда за прошедшие 30 дней и вопросы, связанные с предпочтительными способами кулинарной обработки продуктов и блюд (варка, жарка, тушение, запекание).

На основе результатов статистической обработки данных состава рационов и анализа центильного распределения потребления пищевых продуктов в составе рационов будут сформированы теоретические (расчетные) рационы питания различных групп населения: при низком, среднем и высоком уровне потребления, что позволит в дальнейшем сформировать репрезентативные рационы.

Поступила 25.09.2023

## **ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕРНОБОБОВЫХ В СОСТАВЕ ПРОДУКТОВ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ**

*Георгиева О. В., к. т. н., georgieva@ion.ru*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Представители семьи зернобобовых считаются вторыми по важности источниками питания после зерновых и играют значительную роль в обеспечении продовольственной безопасности. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (далее — ФАО) признает 10 главных сортов бобовых, среди которых наибольшее применение в промышленном производстве продуктов детского питания нашли чечевица, горох, нут и белая фасоль (в виде крупы, муки или пюре, полученных из предварительно обработанных бобов). В бобовых содержится более 20% растительного белка, отмечается высокое содержание сложных углеводов, низкий уровень жиров, они содержат витамины группы В, в том числе фолиевую кислоту, микроэлементы (железо, цинк, кальций, селен). В некоторых исследованиях с участием взрослого населения была отмечена положительная корреляция между употреблением зернобобовых и параметрами здоровья, которые связывают с содержанием в зернобобовых полифенолов, фитостеринов. Кроме того, благодаря низкому гликемическому индексу и высокому содержанию клетчатки потребление зернобобовых может оказывать позитивное влияние на массу тела. Результаты диетотерапии с включением нутовой муки у детей с дислипидемиями, в том числе с избыточной массой тела, показали, что ее введение в рацион способствует нормализации липидного обмена. Главная ценность зернобобовых для детей раннего возраста состоит в содержании белка, богатого незаменимыми аминокислотами (лизинном и треонином); вместе с тем в них присутствуют незначительные количества метионина, триптофана и цистеина, поэтому они рекомендуются для использования в качестве дополнения к белку зерновых для улучшения аминокислотного состава продуктов прикорма.

ФАО рекомендует зернобобовые для включения в рацион питания детей, в том числе детей раннего возраста в качестве компонента продуктов прикорма. Потребление зернобобовых рекомендовано ВОЗ в незначительном количестве в составе рациона питания детей от 6 до 24 месяцев для обеспечения удовлетворения потребностей в пищевых веществах, в частности белке, клетчатке, железе. Аналогичные рекомендации представлены в документах Стандарт Кодекса САС/GL 8-1991 (с поправками 2017 г.). Согласно рекомендациям Кодекса Алиментариус, нут и чечевица относятся к ингредиентам, которые могут без ограничений использоваться в питании детей старше 6 месяцев жизни (около 10 г/сутки в составе поликомпонентных пюре). Согласно современному законодательству, действующему на территории ЕАЭС, бобовые в составе поликомпонентных продуктов могут быть использованы в питании детей не ранее 8 месяцев. Однако зернобобовые культуры необходимо должным образом обрабатывать для уменьшения или удаления антипитательных факторов (среди которых лектины и ингибиторы трипсина и химотрипсина, фитаты, полифенолы/танин), чтобы

улучшить усвояемость пищевых веществ, состав белка и биодоступность минеральных веществ. Бобовые также содержат неперевариваемые олигосахариды, которые могут провоцировать диспепсию. Рекомендации Кодекса Алиментарииус по дополнительному питанию детей старше 6 месяцев предусматривают обязательную обработку зернобобовых перед их использованием, в частности различные сочетания термической и нетермической обработки, которые уменьшают или устраняют большинство антипитательных веществ и присущих токсинов. Стоит отметить, что нут и чечевица не содержат таких токсинов, как гликозидные алкалоиды или цианогенные гликозиды, которые содержатся в других представителях семейства бобовых. Кроме того, чечевица не накапливает в себе радионуклиды, вне зависимости от места произрастания.

Методология оценки безопасности включения зернобобовых в детское питание основана на опыте их использования, изучении их токсикологической безопасности и возможных негативных побочных эффектов. Анализ пищевой продукции для детей раннего возраста (в том числе продуктов прикорма), осуществляемый ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» в рамках оценки ее качества и безопасности, выявил группы продуктов с зернобобовыми, успешно применяемые в питании детей. Примерами использования пищевой продукции с зернобобовыми в питании российских детей раннего возраста служат современные продукты прикорма на растительной основе с мясными ингредиентами с содержанием в них чечевицы (5%), а также пюре на овощной основе с включением нута (18%) и овощные пюре с белой фасолью (14%) для питания детей старше 1,5 лет. Сравнительный анализ показателей пищевой ценности продуктов на растительной/овощной основах с зерновыми и мясными компонентами показал, что продукты с включением зернобобовых (в зависимости от их количества) характеризуются более высоким уровнем белка (в 1,5–2,6 раза), углеводов (в 1,3–2,2 раза) и пищевых волокон (на 0,5–2,0 г / 100 г), чем продукты на сходной основе без использования зернобобовых. В исследовании были отмечены высокие органолептические показатели изучаемых продуктов (вкус, благодаря гармоничному сочетанию указанных видов зернобобовых с различными овощами в многокомпонентных пюре, и консистенция за счет высокой влагосвязывающей способности муки из зернобобовых).

Таким образом, зернобобовые имеют богатую историю использования в качестве традиционного источника в рационе многих культур. При должной обработке зернобобовые могут быть безопасными и ценными сырьевыми ингредиентами в производстве продуктов детского питания. Следуя принципам здорового питания и принимая во внимание современные тенденции по включению в состав продуктов детского питания ингредиентов агрокультурного происхождения, безопасных в гигиеническом отношении, зернобобовые (в частности, чечевица, нут, белая фасоль) и компоненты из них имеют большой потенциал в качестве ингредиентов в поликомпонентных продуктах на зерновой/овощной основе для питания детей раннего возраста, позволяя модифицировать их химический состав (в том числе белковую составляющую, спектр углеводов, пищевых волокон).

Поступила 06.09.2023

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ КОЗЬЕГО МОЛОКА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ В КОРМЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ ЛАКТУЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК**

<sup>1</sup>Горлов И. Ф., д. с.-х. н., профессор, академик РАН, [niimpr@mail.ru](mailto:niimpr@mail.ru),

<sup>2</sup>Кудряшова О. В., [lab1@niidp.ru](mailto:lab1@niidp.ru)

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции», г. Волгоград, Россия;

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт детского питания — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Истра, Россия

Среди всех отраслей животноводства важная роль отводится молочному направлению, что объясняется высокой пищевой и биологической ценностью как молока-сырья, так и производимых из него молочных продуктов.

В последние годы все большее распространение получает козье молоко как сырье для производства разнообразных молочных продуктов. Козье молоко имеет характерные органолептические

свойства, показатели пищевой ценности, что связано с видом животного, показателями его здоровья, условиями содержания и особенностями кормления.

Успешное развитие аграрного сектора производства, обеспечение сельскохозяйственных животных сбалансированными качественными кормами относится к приоритетным задачам, успешное решение которых основано на разработке новых научных подходов и современных технологий. Повышение молочной продуктивности животных, качества вырабатываемой готовой продукции являются одними из основных критериев для организации и промышленной переработки продуктов животноводства. Для получения продукции, обладающей высокими показателями качества, существенное значение имеет оптимизация кормления животных при условии использования в рационах различных биологически активных веществ, про- и пребиотических добавок.

Высокие показатели пищевой и биологической ценности козьего молока открывают перед производителями широкие возможности для расширения ассортимента молочных продуктов и увеличения объемов его производства и переработки. Особенно ценным и перспективным данный вид сырья является при производстве специализированных продуктов детского, геродиетического питания, продуктов для питания беременных и кормящих женщин.

Для подтверждения эффективности использования козьего молока нами проведены исследования, направленные на изучение молочной продуктивности коз зааненской породы, качественных показателей молока-сырья и специализированных продуктов за счет оптимизации рационов кормления животных с использованием новых кормовых пребиотических добавок.

Анализ литературных данных подтверждает, что лактулозосодержащие пребиотические кормовые добавки являются наиболее перспективными для использования в составе различных кормовых средств. Основным функциональным компонентом используемых добавок является пребиотик лактулоза, положительные свойства которой подтверждены многочисленными исследованиями.

В процессе выполнения работы, которая велась в рамках гранта РФФИ (№ 22–16–00041, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции»), изучались следующие показатели: молочная продуктивность коз зааненской породы, росто-весовые и гематологические показатели животных, пищевая и биологическая ценность молока и специализированных продуктов, выработанных на его основе. Продолжительность проведения исследований составила 180 дней.

За время проведения опыта отмечено, что показатели животных опытных групп, в рацион кормления которых были включены новые кормовые добавки, были значительно выше, чем в контрольной группе: по удою в среднем на 43,13 кг, массовой доле жира — на 0,28 %, молочному жиру — на 14,6 %; молочному белку — на 6,91 %. Полученные результаты оценки показателей клинико-физиологического состояния животных, такие как температура тела, частота дыхания и частота пульса, подтвердили отсутствие негативного влияния используемых добавок. Применяемые в кормлении коз добавки положительно влияют на показатели морфологического и биохимического состава крови.

Стоит отметить, что введение новых кормовых добавок положительно влияет на активизацию обменных процессов, протекающих в организме животных.

По результатам исследований были выработаны опытные образцы кисломолочных продуктов для питания детей дошкольного и школьного возраста, характеризующиеся высокими органолептическими показателями и показателями пищевой и биологической ценности. Результаты проведенных исследований показывают, что применение новых пребиотических кормовых добавок в рационе кормления коз зааненской породы повышает молочную продуктивность животных и качество получаемого молока.

Поступили 25.08.2023

# АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОТДЕЛЕНИИ ГИГИЕНЫ ПИТАНИЯ ЦЕНТРА ГИГИЕНЫ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ ЛЕНИНСКОГО РАЙОНА Г. МИНСКА ЗА 2022 ГОД

<sup>1</sup>Жуковский В. В., [lenin@minsksanepid.by](mailto:lenin@minsksanepid.by),

<sup>1</sup>Лобко М. И., [makslobk@gmail.com](mailto:makslobk@gmail.com),

<sup>1,2</sup>Ченелев С. Н., [drserge1991@gmail.com](mailto:drserge1991@gmail.com)

<sup>1</sup>Государственное учреждение «Центр гигиены и эпидемиологии Ленинского района г. Минска», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь

Одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на здоровье человека, является питание. Оно должно быть полноценным, рациональным и безопасным. Санитарный надзор за гигиеной питания осуществляется санитарно-эпидемиологической службой и включает разнообразные формы контроля за санитарным состоянием пищевых предприятий и выпускаемой ими продукции, а также объектов торговли и общественного питания.

В 2022 г. приоритетным направлением деятельности в области гигиены питания было совершенствование государственного санитарного надзора за соблюдением требований законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения субъектами торговли, общественного питания, предприятиями пищевой промышленности в соответствии с планом организационных мероприятий на 2022 г.

На надзоре отделения гигиены питания в 2022 г. находилось 5 предприятий пищевой промышленности, 223 объекта общественного питания, 217 объектов торговли.

В 2022 г. с целью контроля безопасности пищевой продукции на этапах ее производства, хранения и реализации в ходе осуществления государственного санитарного надзора санитарно-эпидемиологической службой Ленинского района г. Минска в рамках 108 мероприятий технического (технологического, поверочного) характера проведены лабораторные исследования 555 проб пищевой продукции по показателям безопасности на 73 объектах торговли, 32 объектах общественного питания и 3 предприятиях пищевой промышленности.

По микробиологическим показателям исследовано 330 проб продовольственного сырья и пищевых продуктов, из которых 12 образцов пищевой продукции не соответствовали гигиеническим требованиям и нормам. По санитарно-химическим показателям исследовано 143 пробы пищевой продукции (4 образца пищевой продукции не соответствовали гигиеническим требованиям и нормам). При выявлении продукции, не соответствующей санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям, обеспечивалось своевременное информирование заинтересованных лиц и принятие соответствующих корректирующих мер. По токсикологическим показателям исследовано 58 проб пищевой продукции, а по радиологическим — 24 пробы (несоответствующих проб при этом не выявлено).

По результатам мероприятий технического (технологического, поверочного) характера выдано 28 предписаний о приостановлении (запрете) производства и (или) реализации товаров (работ, услуг), 1 требование о приостановлении деятельности объекта общественного питания.

В 2022 г. проведено 176 мониторингов, по результатам которых было выдано 152 рекомендации по устранению нарушений, 12 предложений о приостановлении деятельности, 9 требований о приостановлении (запрете) производства и (или) реализации товаров (работ, услуг).

Нарушения санитарно-эпидемиологического законодательства выявлены в 93% объектов, охваченных мониторингами. Типичными нарушениями, которые выявлялись на объектах торговли и общественного питания при проведении мониторингов, являлись следующие:

- нарушения требований к санитарному состоянию помещений;
- использование оборудования, емкостей, тары, инвентаря, посуды с поврежденным покрытием, с нарушением целостности потребительской упаковки и в загрязненной таре;
- нарушения требований к маркировке разделочного инвентаря и производственных столов;
- нарушения требований к своевременному прохождению медицинских осмотров и гигиенического обучения сотрудников;
- не во всех помещениях на объектах умывальные раковины для мытья рук были обеспечены дозаторами с жидким мылом, средством дезинфекции, полотенцами разового пользования;
- допускалось обращение продукции с истекшими сроками годности, с признаками недоброкачества; без наличия маркировки (без информации, наносимой в соответствии с требованиями технических регламентов Таможенного союза, Евразийского экономического союза).



По результатам работы за 2022 г. в отношении юридических и ответственных должностных лиц, допустивших нарушения на объектах гигиены питания Ленинского района г. Минска, вынесено 220 постановлений об административных правонарушениях, сумма штрафов по которым составила 2896 базовых величин.

Неотъемлемым компонентом как профилактических мероприятий, так и лечебного процесса является диетическое питание пациентов. В 2022 г. проведены надзорные мероприятия по контролю организации питания пациентов в учреждениях здравоохранения: УЗ «3-я городская клиническая больница им. Клумова», УЗ «2-я городская клиническая больница», буфетной-раздаточной отделения сестринского ухода государственного учреждения «Больница паллиативного ухода „Хоспис“». По результатам надзорных мероприятий руководству выдано 2 рекомендации об устранении выявленных нарушений. Отмечается улучшение санитарного состояния помещений, проведена замена кухонного инвентаря, технологического оборудования. Тем не менее оценка организации питания пациентов требует дальнейшего продолжения работы по контролю.

Немаловажным фактором в укреплении, поддержании и сохранении здоровья является рациональное питание. Особое внимание специалистами центра гигиены и эпидемиологии было уделено рациональному питанию студентов. В Ленинском районе г. Минска на надзоре находится 11 объектов (8 субъектов) общественного питания, обеспечивающих питанием студентов. Надзорными мероприятиями охвачено 100 % данных объектов. За 2022 г. проведено 8 мониторингов данных субъектов, при этом нарушения требований санитарно-эпидемиологического законодательства установлены на каждом объекте. В соответствии с выявленными нарушениями руководству субъектов общественного питания выдано 8 рекомендаций по устранению выявленных нарушений, а также вынесено 3 предписания об изъятии из обращения недоброкачественной продукции, общей массой 4,096 кг. К основным нарушениям, выявленным в ходе надзорных мероприятий за объектами общественного питания, обеспечивающими питание студентов, относились следующие: неудовлетворительное санитарное состояние помещений объектов, несвоевременная замена технологического и холодильного оборудования, инвентаря и посуды, несоблюдение условий хранения продовольственного сырья и пищевых продуктов и другие. За повторные нарушения санитарно-эпидемиологического законодательства в объектах общественного питания вузов вынесено 6 постановлений об административном правонарушении на общую сумму 1472 рубля.

Всего на объектах гигиены питания в Ленинском районе г. Минска по результатам надзорных мероприятий в 2022 г. вынесено 145 предписаний об изъятии из обращения недоброкачественной продукции. Общий вес изъятной продукции составил 1392 кг.

Вспышечная заболеваемость на территории Ленинского района г. Минска, связанная с употреблением продукции, вырабатываемой предприятиями пищевой промышленности, в 2022 г. не регистрировалась.

С расширением сетей предприятий торговли и общественного питания продолжает оставаться актуальной проблема безопасности пищевых продуктов на этапах ее производства, транспортировки, хранения и реализации. Производителями в целом поддерживается система контроля безопасности и качества на основе анализа рисков и контрольных критических точек.

Таким образом, необходимо продолжить осуществлять своевременный и эффективный контроль за соблюдением санитарно-эпидемиологических требований законодательства Республики Беларусь на объектах гигиены питания Ленинского района г. Минска, поскольку несоблюдение данных требований создает угрозу жизни и здоровью населения, а также угрозу возникновения и распространения инфекционных и массовых неинфекционных заболеваний.

Поступила 22.09.2023

## СВОЙСТВА ГРИБА КОРДИЦЕПС, ЕГО ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Зайцев В. А., к. м. н, [ominsk@rambler.ru](mailto:ominsk@rambler.ru)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Кордицепс (*Cordyceps sinensis*) — род спорыньевых грибов, произрастающих преимущественно на территории Китая. В природе встречается более 400 различных видов кордицепсов. Кордицепс паразитирует на определенных видах насекомых, живущих в земле. Часть своего жизненного цикла, который составляет несколько месяцев, гриб проводит на личинках и куколках насекомых, зимующих в почве. Споры гриба, попадая на поверхность насекомого, внедряются в тело хозяина, гидролизуя его хитиновый покров. В результате личинка насекомого погибает и превращается в своего рода «инкубатор» для развития полноценных грибниц кордицепса. Пораженные грибом куколки насекомых или гусеницы мумифицируются и могут находиться без дальнейшего развития 1–2 года. С наступлением весны через дыхательное отверстие на голове гусеницы вырастает одиночное плодовое тело, чье основание остается связанным под землей с головой и телом гусеницы. В начале лета гусеница погибает, и из нее вырастает молодой гриб размером около 5 см, а его взрослая форма называется *C. sinensis*. Отмечено, что куколки и ткани насекомых, пораженные кордицепсом, не заселяются бактериями и не разлагаются. Происходит это из-за выделения грибом в тело хозяина природного антибиотика кордицепина, защищающего субстрат от микроорганизмов. Поэтому в качестве лекарства в народной китайской медицине используют и плодовой гриб, и тело гусеницы. Как компонент традиционной китайской медицины гриб кордицепс употребляют более 6 тысяч лет.

Состав кордицепса варьируется в зависимости от вида и условий роста. В любом случае он содержит широкую группу биологически активных соединений, включая полисахариды (галактоманнаны, галактозаминогликаны), кордицепин, тритерпены, аденозин, эргостерин, незаменимые аминокислоты, пептиды, более 80 типов ферментов, в том числе коэнзим Q10, ненасыщенные жирные кислоты, 77 микро- и макроэлементов, витамины B1, B2, B12, C, D и E.

Кордицепс оказывает множество полезных воздействий на организм человека:

- защищает от повреждений печень и сердце, может улучшать метаболическую функцию других внутренних органов у больных с хроническим заболеванием почек;
- восстанавливает метаболизм при метаболическом синдроме;
- защищает ДНК клеток от повреждений и противодействует окислительному стрессу;
- повышает устойчивость организма к кислородному голоданию, повышает выносливость и работоспособность;
- используется для лечения различных опухолей, в частности, тормозит риск развития лимфолейкоза;
- снижает воспалительные процессы в дыхательных путях при бронхиальной астме;
- оказывает гипогликемический эффект при сахарном диабете второго типа, снижает уровень глюкозы в крови за счет повышения чувствительности к инсулину;
- ускоряет процесс выздоровления больных с лейкопенией, значительно снижая действие химиотерапии на функцию костного мозга;
- проявляет адаптогенные свойства и является иммуномодулятором, оказывает противоопухолевое действие, производит противовоспалительный и противомикробный эффект;
- замедляет процессы старения.

Однако ученые всего мира ищут оптимальную суточную дозу кордицепса. Нет инструкции по применению, которую можно было бы приравнять к документу, одобренному Министерством здравоохранения Республики Беларусь, и применять его как фармакологическое средство. Недостаточное количество знаний о кордицепсе не позволяет на данном этапе широко внедрять его в фармакотерапию. Положительное действие биологически активных веществ, входящих в кордицепс, дает возможность принимать его в виде биологически активных добавок к пище.

Существуют и противопоказания к приему кордицепса:

- аллергические реакции на грибы;
- беременность, грудное вскармливание;
- аутоиммунные заболевания;
- сосудистые патологии;

- нарушение свертываемости крови;
- прием противосудорожных препаратов;
- почечная недостаточность;
- гипертиреоз или гипотиреоз.

Доза кордицепса варьируется в зависимости от цели использования и составляет 1–3 г в день в составе биологически активных добавок к пище. Принимается утром натощак или за 30 минут до еды. Продолжительность курса должна быть не менее 2–3 месяцев, после чего необходим перерыв на одну-две недели.

Поступила 21.09.2023

## ПИЩЕВОЕ ПРОИЗВОДСТВО КАК СУБЪЕКТ АНТРОПОГЕННОГО ОБМЕНА

*Золотин А. Ю., к. т. н., info@niidp.ru,  
Кудряшова О. В., lab1@niidp.ru,  
Симоненко С. В., д. т. н., info@niidp.ru,  
Симоненко Е. С., к. т. н., info@niidp.ru*

Научно-исследовательский институт детского питания — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Любое производство пищевой продукции, выполняя гуманитарную миссию, заключающуюся в обеспечении населения пищевыми продуктами, является субъектом антропогенного обмена. Цель публикации — акцентировать внимание на негативной стороне деятельности пищевого предприятия как источника антропогенных загрязнений окружающей среды. В экологическом аспекте окружающая среда представляется совокупностью элементов биосферы: атмосферы, гидросферы, литосферы.

Промышленное предприятие как субъект антропогенного обмена потребляет природные ресурсы (вода, сельскохозяйственное сырье) и выделяет отходы производственного процесса.

Отходы условно в виде сбросов (в гидросферу и литосферу) и выбросов (в атмосферу) являются носителями загрязняющих веществ, определяющих депрессивный характер антропогенной нагрузки на экосистемы региона и ее разрушительное воздействие на геобиоценозы.

Человек как субъект геобиоценоза может испытывать негативное воздействие антропогенной нагрузки на здоровье через непосредственный контакт с элементами биосферы (например, возникновение состояния аноксии) или опосредованно через сельхозпродукты и пищевые продукты, произведенные на промышленном предприятии, основой которых является сельскохозяйственное (продовольственное) сырье.

Глобальным производственным сырьем, особенно для продуктов детского питания, является коровье молоко.

Крупный рогатый скот как вид вряд ли можно отнести к выраженным эврибионтам. Способность крупного рогатого скота безболезненно существовать при различных условиях окружающей среды в ограниченных диапазонах значений экологических факторов (беря во внимание экологическую валентность вида, породы, отдельных особей) предполагает возможность негативного воздействия на продуктивность и качество молока при колебаниях экологических факторов или их выходе за привычные диапазоны (рисунок 1).

На приведенной схеме «нативное молоко» определяется как молоко, продуцируемое организмом животного, находящегося на пастбищном содержании; под «биомассой» понимаются сочные корма: пастбищные корма, зеленые корма, корне-клубнеплоды и их ботва.

Контекстуально в понятие «качество нативного молока» включаются его пищевая ценность и безопасность, ассоциированные с положениями аутэкологии (доминантами антропогенного обмена).

Депрессия качества, обусловленная последствиями антропогенного обмена, не только снижает полезность молока, но и создает непосредственную угрозу здоровью потенциального потребителя. Кроме того, накладывает дополнительную техническую, технологическую, финансовую нагрузку на перерабатывающее предприятие, имея в виду возложенную на него социальную ответственность

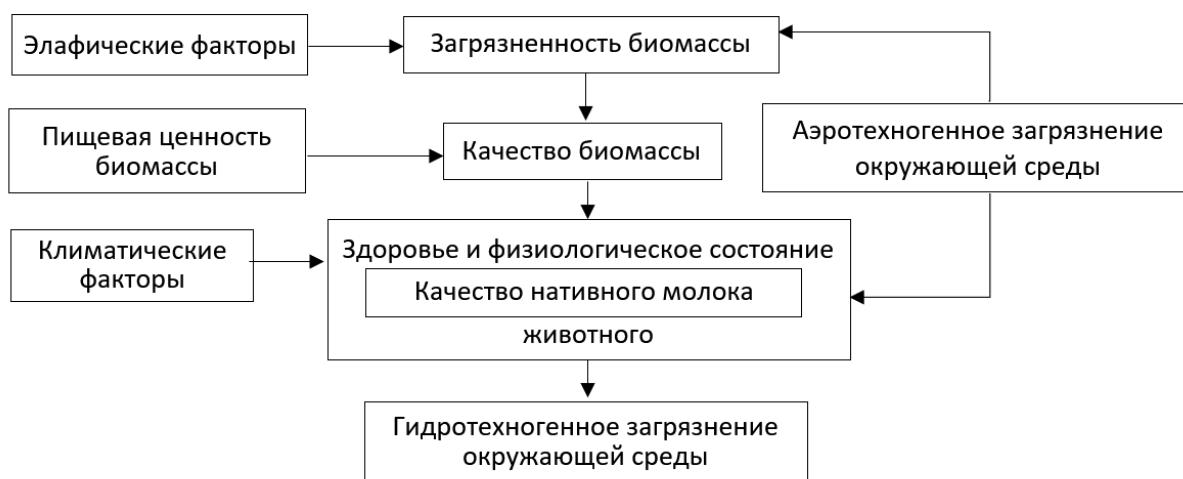


Рисунок 1 – Факторы потенциального воздействия на качество нативного молока

за выпуск качественной продукции, которая ставится под угрозу фактом антропогенных загрязнений, инспирированных производственным процессом.

Таким образом, с одной стороны, предприятие заинтересовано в выпуске продуктов высокого качества; с другой, как субъект антропогенного обмена оно является актором процесса антропогенных загрязнений, априори создавая предпосылки к снижению качества продукции. Такая противоречивость результатов деятельности предприятия требует проведения мероприятий по минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду, основанного на анализе производственных источников антропогенных загрязнений, актуализированных в форме производственных отходов.

Гипотетическое предприятие по производству молочных продуктов, в том числе для детского питания, является источником образования отходов – сбросов и выбросов в окружающую среду, в частности: конденсата при проведении теплообменных процессов; частиц порошкообразных продуктов в процессах сушки; твердых отходов при фасовании продукта. Не исключены сбросы молочной сыворотки и рассола при производстве творога и сыров.

Различие формы отходов затрудняет возможность обобщенной оценки экологичности производства, если оценку проводить по количеству отходов.

Как вариант в качестве критерия возможно использовать параметр, связанный с теплосодержанием отходов:

$$K_9 = 1 - \frac{Y_1 - Y_{y1}}{Y_1} \times \frac{Y_2 - Y_{y2}}{Y_2} \times \frac{\mathcal{E}_1 - Y_3}{\mathcal{E}} \times \frac{Y - Y_p}{Y}, \quad (1)$$

где  $Y_1, Y_2$  – теплосодержание отходов сырья и упаковки;

$Y_{y1}, Y_{y2}$  – теплосодержание утилизированных отходов;

$Y_3$  – теплосодержание сбросов и выбросов в биосферу при транспортировке сырья и готовой продукции;

$Y$  – сбросы и выбросы тепловой энергии предприятием-производителем продукции, приведенные к теплосодержанию;

$Y_p$  – сбросы и выбросы тепловой энергии после рекуперации теплоты на предприятии-производителе продукции, приведенные к теплосодержанию;

$\mathcal{E}_1$  – энергетический потенциал экосистемы региона.

Актуальность оценки производства в аспекте субъектности антропогенного обмена полностью согласуется с законом обратных связей во взаимодействии «человек-биосфера» П. Дансеро, утверждающим связь любого изменения в природной среде, вызванного деятельностью человека, с отрицательными последствиями, влияющими на социальную жизнь, экономику и здоровье, ввиду чего необходим неформальный анализ с разработкой методик оценки деятельности любого пищевого предприятия как источника потенциальных антропогенных загрязнений.

Поступила 06.09.2023

## РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕКЛАМЫ АЛКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ В СТРАНАХ ЕВРОСОЮЗА И РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Кулагина Д. А., dashakulagina99@mail.ru,  
Федоренко Е. В., к. м. н., доцент, afedorenko71@mail.ru,  
Цемборевич Н. В., к. м. н., tse.natasha@yandex.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

В современном мире информационная среда насыщена рекламой пищевой продукции, что наряду с иными факторами формирует пищевое поведение потребителей. Алкоголизм как социальная и медицинская проблема находится под пристальным вниманием общественного здравоохранения. Среди причин распространенности данного явления выделяют доступность приобретения спиртных напитков, относительно широкую рекламу алкогольной продукции в средствах массовой информации. Одной из наиболее экономически эффективных мер решения данной проблемы является ограничение маркетинга данного вида продукции, что и реализовано в Республике Беларусь. По статистическим данным в нашей стране регистрируется рост употребления алкоголя на душу населения среди лиц старше 15 лет: в 2020 г. он составлял 10,8 л на человека, в то время как в 2019 г. данный показатель составил 10,6 л. В то же время снизилось употребление алкоголя среди молодежи, уменьшилось число граждан, состоящих на диспансерном учете как алкозависимые.

В большинстве европейских стран реализуется политика нормативно-правового регулирования рекламы алкогольной продукции в целях защиты молодежи и наиболее уязвимых слоев населения. Комплексы осуществляемых мер варьируются от полного запрета и санкций за нарушение закона до саморегулируемых кодексов поведения, принятых в промышленности. В 15 из 53 государств-членов в Европейском регионе Всемирной организации здравоохранения (28 %) введен полный законодательный запрет на маркетинг любой алкогольной продукции (пива, вина и крепких спиртных напитков) на телевидении, радио, в печатных средствах массовой информации (далее — СМИ) и точках продаж; в 22 государствах-членах (42 %) введены лишь частичные законодательные ограничения; в 16 государствах-членах (30 %) действует лишь добровольное соглашение или саморегулирование, или регулирование вообще отсутствует.

Так, действующие в Хорватии законы включают запрет на телевизионную рекламу табака, алкоголя и крепких спиртных напитков, а также на спонсорство алкогольной индустрией спортивных мероприятий. В Италии запрещена реклама алкогольной продукции во время детских программ на телевидении и радио, а также в кинотеатрах. В Ирландии действует запрет на рекламу алкогольной продукции внутри и снаружи на всех видах общественного транспорта, на остановочных пунктах общественного транспорта, а также в пределах 200 м от школ, детских садов и яслей или учрежденных местными органами власти детских игровых площадок. Помимо этого запрещено спонсорство алкогольной индустрией спортивных мероприятий, ориентированных на детей, а также таких, которые предполагают использование обычных или гоночных автомобилей. В Литве закон налагает почти полный запрет на рекламу алкогольной продукции, с небольшим числом исключений, таких как размещение логотипов производителей в зонах продаж. В Финляндии в настоящее время разрешен маркетинг алкогольной продукции крепостью до 22 % в том случае, если он не адресован несовершеннолетним или не использует образы несовершеннолетних. При этом полностью запрещена наружная реклама и реклама в социальных сетях, а радио- и телереклама допускаются только после 22.00.

В Республике Беларусь согласно Закону «О рекламе» запрещается рекламировать алкоголь на радио и телевидении, в зданиях учреждений образования, организаций здравоохранения, культуры, физической культуры, спорта. Не допускается размещать рекламу алкогольной продукции на транспортных средствах, на средствах наружной рекламы. Помимо этого в самой рекламе не допускается использование образов людей или животных, в том числе рисованных, мультипликационных (анимационных), за исключением использования таких образов в товарных знаках, используемых для обозначения алкогольных напитков. При этом допускается проводить в объектах общественного питания рекламные мероприятия в маркетинговых целях, а также осуществлять бесплатное распространение пива и слабоалкогольных напитков в объеме не более пяти литров одному лицу в качестве призов при проведении конкурсов, игр и иных игровых, рекламных, культурных мероприятий.

Несмотря на имеющиеся запреты, цифровые СМИ находят возможности для продуманного и искусно замаскированного воздействия. Так, маркетологи предлагают продвигать бренды через

безалкогольную продукцию либо использовать скрытую рекламу, такую как продвижение через сообщества, косвенно рекламирующие продукт.

Таким образом, необходимо совершенствование существующего законодательства, поскольку нынешние нормы не в полной мере соответствуют меняющемуся характеру методов продвижения, используемых коммерческим сектором. Кроме того, опыт регулирования рекламы алкогольных напитков может быть использован при разработке предложений по ограничению маркетинга иных видов пищевой продукции, состав которых может быть ассоциирован с риском развития иных неинфекционных заболеваний.

Поступила 25.09.2023

## **ПИТАНИЕ КАК ВАЖНЕЙШИЙ РЫЧАГ ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЯ**

*Никитюк Д. Б., д. м. н., профессор, академик РАН, nikitjuk@ion.ru,  
Коростелева М. М., к. м. н., korostel@bk.ru*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Активная научно-организационная деятельность ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», интеграция в международное научно-техническое пространство, использование инновационных технологий являются важнейшим рычагом обеспечения здоровьесбережения населения Российской Федерации. Данный подход обеспечивает реализацию Национальных проектов «Здравоохранение», «Демография» и «Стратегии формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года».

Полноценное, сбалансированное питание — важнейшее условие нормального функционирования организма, особенно в критические периоды развития, сопровождающиеся интенсивным соматическим ростом наряду с повышенными умственными и физическими нагрузками. В связи с этим анализ состояния питания населения и реализация путей его оптимизации являются одной из важнейших медико-социальных и государственных задач. К сожалению, фактическая структура питания граждан Российской Федерации (далее — РФ) характеризуется высокой энергетической ценностью рационов, избыточным потреблением общего жира, насыщенных жирных кислот, холестерина, соли, сахара, дефицитом микронутриентов и др. Несбалансированное питание в детском возрасте приводит к отставанию в физическом и психическом развитии, которое практически невозможно скорректировать в дальнейшем, формированию алиментарно-зависимых заболеваний. В структуре заболеваемости детского населения значительное место занимают заболевания органов пищеварения, эндокринной системы, болезни, связанные с нарушением обмена веществ. Заболевания, связанные с питанием, выявлены у 21,1 % детей в возрасте 3–6 лет, 24,7 % — у 7–11 лет, 30,4 % — 12–13 лет. Распространенность избыточной массы тела и ожирения среди детей 5–15 лет составляет 19,9 и 5,5 %, соответственно.

Разработка мер по оптимизации питания населения РФ должна опираться на инновационные методы оценки физического развития и пищевого статуса, достижения в области геномики, протеомики, метаболомики и других фундаментальных наук, учитывать современные тенденции развития нутрициологии, агропромышленного комплекса и цифровых технологий. Для этого в РФ созданы и успешно функционируют научные советы и комиссии: научный совет по медицинским проблемам питания, по гигиене, биотехнологиям, по медицинским проблемам Арктики, которые, учитывая рекомендации ВОЗ и ФАО, формируют политику РФ в области питания и продовольственной безопасности. ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» осуществляет активную деятельность в этом направлении, участвуя в работе основных Комитетов Кодекса Алиментарии.

Новой формой интеграции научно-технического потенциала для создания инновационной пищевой продукции с целью оптимизации питания населения РФ является деятельность Консорциума «Здоровьесбережение, питание, демография», созданного по инициативе Российской академии наук, который объединяет ряд ведущих научно-исследовательских институтов, отраслевых союзов, предприятий пищевой индустрии. Консорциум представляет собой уникальный научно-исследовательский и производственный комплекс полного цикла — от фундаментальных и поисковых исследований в области приоритетных направлений медицины и нутрициологии, прикладных

исследований по созданию технологий новых видов пищевой продукции и ингредиентов, доклинической и клинической оценки их эффективности, разработки инновационных технологий профилактики и лечения алиментарно-зависимых заболеваний.

Поступила 11.09.2023

## ОЦЕНКА СУТОЧНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ СПОРТСМЕНОВ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В БАСКЕТБОЛЕ

*Раджабкадиев Р. М.*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Баскетбол — это высокоинтенсивный, командный вид спорта, который характеризуется наличием огромного разнообразия двигательных действий: бег, прыжки, дриблинг, ходьба, боковые перемещения, защита, забросы мяча, финты и т. д. Это физически требовательный вид спорта, в котором во время игры нагружаются как аэробные, так и анаэробные энергетические системы. Из-за разнообразия движений, которые выполняют спортсмены во время игры, и невозможности точно воссоздать условия игры баскетболиста в лаборатории данные о расходе энергии и функциональных показателях спортсменов остаются ограниченными.

Энергозатраты баскетболистов зависят от различных факторов, в числе которых интенсивность и продолжительность игры, физическая подготовка игроков, их антропометрические характеристики, положения игрока на площадке, его роль в команде и т. д.

К примеру, защитники преодолевают большее расстояние за игру по сравнению с центровыми и нападающими. При этом у нападающих и защитников наблюдалось больше пиковых ускорений во время игры, чем у центровых. Величина энергозатрат зависит и от тренировочного этапа и климатогеографических условий. Исследований, посвященных изучению энергозатрат, очень мало. И практически отсутствуют исследования, посвященные энергозатратам баскетболистов.

Использование метода пульсометрии позволяет изучить индивидуальные энергозатраты спортсменов на различных этапах подготовки, определить степень напряжения сердечно-сосудистой системы и скорость восстановления спортсменов. С учетом изложенного нами было проведено исследование, целью которого являлась оценка показателей обмена покоя, суточных энергозатрат и коэффициента физической активности спортсменов-баскетболистов в зависимости от игрового амплуа.

Нами было обследовано 25 спортсменов-баскетболистов, средний возраст которых составил  $20,3 \pm 1,7$  года (от 18 до 23 лет). Обследуемые спортсмены были разделены на три группы в зависимости от их игрового амплуа: защитники, нападающие и центровые. Показатели энергозатрат определяли методом непрямой калориметрии. Мониторинг частоты сердечных сокращений проводили методом пульсометрии. Далее по уравнению линейной регрессии методом наименьших квадратов получали калибровочную зависимость частоты сердечных сокращений и персональных суточных энергозатрат.

Среднесуточные энергозатраты баскетболистов составили  $4004 \pm 318$  ккал/сут. В группе «центровые» наблюдались наиболее высокие значения суточных энергозатрат по сравнению с группой «защитники» и «нападающие» на 18,5% и 11,8% соответственно  $p < 0,05$ .

Изучение суточных энергозатрат и энергозатрат непосредственно во время тренировок и соревнований может предоставить тренеру или врачу спортивной команды ценную информацию о глубине метаболической нагрузки. Также учитывая высокие энергетические затраты, особенно в игровых видах спорта, для полноценного восстановления энергетических запасов организма и сбалансированности рационов питания, необходимо рациональное и контролируемое применение специализированных продуктов для питания спортсменов.

Необходимо отметить, что энергозатраты спортсменов, безусловно, требуют более углубленного изучения с учетом гендерных различий, вида спортивной деятельности и этапа подготовки спортсменов.

Поступила 21.09.2023

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ РАЦИОНОВ ПИТАНИЯ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

*Раджаббадиев Р. М.*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Одним из важнейших факторов для достижения высоких спортивных результатов, поддержания здоровья, снижения риска заболеваемости и возникновения травм является адекватное потребление пищи. Потребности спортсменов в пищевых веществах значительно отличаются от потребностей лиц, не занимающихся спортом. Это обусловлено интенсивными физическими и эмоциональными нагрузками, которые испытывают спортсмены в процессе спортивной деятельности. Например, в период истощающих физических нагрузок суточные энергозатраты спортсменов могут достигать 5000–6000 ккал, в отдельных случаях и 10000 ккал в сутки. В зависимости от интенсивности физической нагрузки и этапа спортивной подготовки потребление белков, жиров и углеводов у спортсменов может варьировать в пределах 1,6–2,9; 1,5–2,4; 7–10 г/кг массы тела в сутки соответственно. Продолжительное нарушение сбалансированности питания спортсмена может приводить к развитию нарушений в работе ряда основных физиологических систем организма, что, в свою очередь, снижает физическую работоспособность. В связи с этим возникает необходимость более углубленного изучения и индивидуализации показателей энергозатрат и пищевых потребностей спортсменов различных дисциплин в зависимости от этапа тренировочной и соревновательной деятельности.

Цель исследования: сравнительная оценка пищевой и энергетической ценности рационов питания спортсменов, специализирующихся в пулевой стрельбе, биатлоне, бобслее и сноуборде.

Всего было обследовано 180 высококвалифицированных спортсменов (кандидаты в мастера спорта (67 человек), мастера спорта (75 человек), мастера спорта международного класса (22 человека), заслуженные мастера спорта (16 человек)) обоих полов (107 мужчин и 73 женщины), членов сборных команд Российской Федерации по четырем неигровым видам спорта. Возраст мужчин составил  $21,7 \pm 0,8$  года (от 18 до 29 лет), женщин —  $23,1 \pm 1,5$  года (от 19 до 33 лет). Питание спортсменов в столовой тренировочной базы было организовано по типу самообслуживания. Сбор данных по фактическому питанию обследуемых проводили анкетно-опросным методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания. Энергетическая ценность рационов питания в группе мужчин, специализирующихся в пулевой стрельбе, бобслее, биатлоне и сноуборде, составила  $3419 \pm 296$ ,  $4043 \pm 230$ ,  $4146 \pm 478$ ,  $3245 \pm 325$  ккал/сут соответственно. В группе женщин —  $2999 \pm 214$ ,  $3479 \pm 165$ ,  $3761 \pm 397$  и  $3109 \pm 230$  ккал/сут соответственно. Удельная калорийность рациона была наиболее выражена у биатлонистов.

Анализ фактического питания показал, что соотношение потребляемых с рационом белков, жиров, углеводов в группе мужчин и женщин равнялось 1: 2,9: 3,7 и 1: 2,8: 3,7 соответственно. Потребление макронутриентов спортсменами не соответствовало оптимальному соотношению 1: 1: 4. Выявлен недостаток углеводного компонента пищи, в частности сложных углеводов, и избыточное потребление жиров. Полученные данные свидетельствуют о необходимости проведения коррекции рационов питания с учетом гендерных различий спортсменов, вида спорта, этапа тренировочной деятельности и индивидуальных антропометрических характеристик. Для полноценного восстановления энергетических запасов организма и сбалансированности рационов питания возникает необходимость более индивидуального и контролируемого применения специализированных продуктов для питания спортсменов.

Поступила 21.09.2023



## ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕБИОТИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ В ПИТАНИИ ДЕТЕЙ

Сафронова А. И., *sai1509@yandex.ru*,  
Тимошина М. И.,  
Тоболева М. А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

В числе перспективных диетологических подходов к профилактике и коррекции функциональных нарушений желудочно-кишечного тракта, в том числе запоров, рассматривается использование различных видов пребиотиков и их комбинаций в составе специализированной пищевой продукции. Несмотря на значительную доказательную базу в отношении инулина и олигофруктозы, оценка эффективности комплексных продуктов для детской категории населения ограничена, а у детей с неврологической патологией практически не изучена.

Целью исследования являлась оценка влияния пребиотического продукта на основе олигофруктозы, инулина и лактата кальция на состояние кишечной функции у детей с неврологической патологией.

Наблюдение осуществлялось на базе многопрофильного стационара г. Москвы. Обследуемые пациенты были разделены на основную группу и группу сравнения. Все пациенты в период пребывания в стационаре получали щадящий вариант стандартной диеты, детям основной группы дополнительно назначался специализированный продукт, обладающий пребиотическими свойствами. Общая продолжительность наблюдения составила 14 дней.

В динамике у детей оценивалась переносимость продукта, а также проводился анализ метаболической активности анаэробной микрофлоры по содержанию летучих жирных кислот в кале методом газо-жидкостной хроматографии.

В исследование было включено 32 ребенка (13 мальчиков и 19 девочек) в возрасте от 6 месяцев до 6 лет жизни (средний возраст детей составил  $4,6 \pm 1,6$  года) с хроническими запорами.

Наблюдаемые пациенты были разделены на 2 группы: основную и сравнения, в каждую из которых было включено по 16 детей: 5 мальчиков и 11 девочек; средний возраст —  $4,31 \pm 1,75$  года и 8 мальчиков и 8 девочек; средний возраст —  $4,97 \pm 1,35$  года соответственно.

На фоне применения пребиотического продукта на основе олигофруктозы, инулина и лактата кальция у детей основной группы достоверно увеличилась частота стула с  $0,61 \pm 0,25$  раза в сутки в начале наблюдения до  $0,93 \pm 0,11$  раза в сутки в конечной точке исследования ( $p < 0,05$ ). В группе сравнения частота стула достоверно не изменилась и составила  $0,7 \pm 0,19$  и  $0,85 \pm 0,15$  раза в сутки в начале и конце исследования соответственно.

При анализе данных биохимического исследования кала у детей основной группы отмечено достоверное увеличение абсолютного содержания короткоцепочечных жирных кислот C2–C4, что свидетельствует о повышении активности представителей индигенной микробиоты, модификации ее качественного состава.

Таким образом, пребиотический продукт на основе олигофруктозы, инулина и лактата кальция показал свою эффективность у детей с неврологической патологией, страдающих хроническими запорами, в том числе с нарушениями кишечной микробиоты.

Поступила 25.08.2023

## ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ МОЛОЧНЫХ БЕЛКОВ — СПОСОБ ОБОГАЩЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ НЕЗАМЕНИМЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Семенова Е. С., [lab6@niidp.ru](mailto:lab6@niidp.ru),  
Симоненко Е. С., к. т. н., [nir@niidp.ru](mailto:nir@niidp.ru)

Научно-исследовательский институт детского питания — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Истра, Россия

Молоко является одним из самых ценных пищевых продуктов, поскольку содержит все необходимые для питания человека вещества — белки, жиры, углеводы, находящиеся в сбалансированных соотношениях и легко усваиваемые организмом. Молоко как богатейший источник питательных веществ может быть разделено на широкий спектр компонентов для использования в различных областях: пищевой, фармацевтической, косметологической и др. Отдельного внимания заслуживают молочные белки, которые превосходят по своим питательным качествам большинство растительных белков.

Первичные белковые фракции в молоке могут быть напрямую и эффективно разделены фильтрацией, создавая два высокопитательных и различных по функциональности белковых продукта: мицеллярный казеин и белок молочной сыворотки. Более глубокая переработка дает возможность получения нутрицевтических производных молочных белков, таких, например, как  $\beta$ -казеин или гликомакропептид. Мембранное фракционирование представляет собой процесс молекулярного разделения, управляемый физическим давлением, где разделение определяется характеристиками мембраны, размером молекул отдельных компонентов сырья и рабочим давлением. Главное преимущество использования мембранных технологий — возможность получения продукта с регулируемым аминокислотным и минеральным составом. Два ингредиента молочного белка — мицеллярный казеин и сывороточный белок, которые выделяют из обезжиренного молока с помощью микрофильтрации, привлекают значительное внимание производителей пищевых продуктов и напитков из-за их уникального белкового профиля и функциональности.

Мицеллярный казеин имеет аминокислотный профиль, характеризующийся самой высокой биологической ценностью и высоким коэффициентом эффективности белка среди молочных продуктов. Мицеллярный казеин является поставщиком аминокислот, которые выступают ключевыми в синтезе мышечного белка. Более медленный метаболизм казеина по сравнению с сывороточными белками позволяет отнести мицеллярный казеин к идеальной смеси белков для обеспечения положительного азотистого баланса в течение длительного периода времени. Низкое содержание лактозы в нем обуславливает снижение скорости протекания реакции меланоидинообразования при тепловой обработке по сравнению с другими белковыми ингредиентами.

Сывороточные белки на сегодняшний день признаны полезными для здоровья ингредиентами из-за ряда преимуществ, связанных с их приемом, включая контроль аппетита, восстановление после физических упражнений и поддержание сытости. Кроме того, сывороточные белки являются потенциальным источником питательных веществ и биологически активных ингредиентов:  $\beta$ -лактоглобулин помогает связывать такие минералы, как цинк и кальций,  $\alpha$ -лактальбумин настоятельно рекомендуется добавлять в пищу для обеспечения богатого белком рациона, сывороточный альбумин может связывать жирные кислоты и иммуноглобулины, лактоферрин представляет собой железосвязывающий белок, который увеличивает всасывание железа в пищеварительном тракте, ингибируя кишечные микроорганизмы и способствуя росту полезных микроорганизмов. Он также модулирует иммунную систему и считается основным фактором неспецифической устойчивости к болезням молочной железы. Сывороточные белки являются богатым источником незаменимых аминокислот, таких как цистеин, аминокислот с разветвленной цепью, таких как лейцин, изолейцин и валин, а также биологически активных пептидов. Лейцин играет важную роль в регуляции синтеза белка скелетных мышц, и его содержание в сывороточных белках на 50–75 % выше по сравнению с другими источниками. Гликомакропептид, высвобождаемый во время сычужной коагуляции сыра, представляет собой сывороточный пептид, полученный из казеина, который имеет много преимуществ для здоровья, включая чувство сытости и контроль фенилкетонурии.

Технологии разработки белковых ингредиентов, содержащих различные фракции казеина и сывороточных белков, имеют большое научное и практическое значение, поскольку при разработке новых продуктов фракционированные молочные белки могут использоваться для производства пищевых продуктов, обогащенных незаменимыми компонентами, продуктов функционального назначения, диетических и лечебно-профилактических.

*Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания по направлению FGMF-2022-0007 «Оценка пищевого статуса детей и подростков и разработка состава, рецептур и технологий специализированных продуктов детского и геродиетического питания с использованием региональной сырьевой базы».*

Поступила 12.09.2023

## **ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА КАШ БЫСТРОГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ГЕРОДИЕТИЧЕСКОМ ПИТАНИИ**

*Фелик С. В., к. б. н., info@niidr.ru,  
Антипова Т. А., д. б. н., info@niidr.ru,  
Андросова Н. Л., info@niidr.ru*

Научно-исследовательский институт детского питания — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Разработка и производство продукции высокой степени готовности является развивающимся и перспективным направлением. Преимущество такой продукции заключается в быстром и простом приготовлении.

В большинстве случаев люди отрицательно относятся к продуктам быстрого приготовления, считая их недостаточно качественными и вредными. Однако применение современных технологий позволяет выпускать продукцию высокой степени готовности, отвечающую требованиям здорового питания.

Для категории людей старшего поколения разработка и производство таких продуктов имеют особенное значение, так как облегчают процесс приготовления и потребления пищи в домашних условиях, особенно одиноким.

Люди старшего поколения часто не могут самостоятельно готовить пищу, обращаться с огнем или электроприборами, рассчитывать необходимое количество рецептурных компонентов, соблюдать технологические режимы кулинарной обработки блюда. Поэтому включение в рацион питания продуктов, требующих только, например, подогрева, является преимуществом перед приготовлением кулинарных блюд в домашних условиях.

Проведенные исследования существующих разработок и производств вышеуказанной продукции позволили сделать вывод, что наиболее популярными являются технологии с применением сушки и кулинарные блюда в индивидуальной упаковке.

Изучение состава и пищевой ценности каш молочных и безмолочных быстрого приготовления с применением сушки показало, что большинство из них не соответствуют современным требованиям, предъявляемым к геродиетическому питанию. Это несоответствие выражается в низком содержании полезных веществ (витаминов, минералов, пищевых волокон, клетчатки и др.), большом количестве соли, сахара, специй, наличии в составе специфических добавок (глутамат натрия, инозитат или гунилат натрия и др.), консервантов. Пищевая и энергетическая ценность находилась в пределах: белок — от 3,4 до 12,9 г; жир — от 1,1 до 3,7 г; углеводы — от 23,4 до 31,1 г; энергетическая ценность — от 127,1 до 188,1 ккал / 100 г.

Каши готовые, в индивидуальной упаковке, только для разогрева, имели наиболее приемлемый состав. Пищевая и энергетическая ценность продуктов варьировалась: белок — от 2,2 до 3,5 г; жир — от 1,5 до 6,0 г; углеводы — от 13,2 до 25,0 г; энергетическая ценность — от 89,7 до 143,3 ккал / 100 г.

В результате изучения вопроса установлено, что наиболее приемлемыми по составу являются каши, требующие только разогрева, в индивидуальной упаковке. Однако их пищевая ценность и сбалансированность белкового, жирового и углеводного компонентов не в полной мере соответствуют современным требованиям, предъявляемым к продуктам геродиетического питания (снижение калорийности, сбалансированность белковой составляющей, включение ингредиентов, замедляющих развитие возрастных заболеваний, витаминов, минеральных веществ).

Проведенная работа является частью исследований по разработке технологии продукта высокой степени готовности для геродиетического питания. Полученные результаты будут учтены при разработке рецептур и определении параметров технологической обработки продуктов высокой степени готовности для геродиетического питания.

Поступила 06.09.2023

## ВЭЖХ–МС/МС ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕНУАЗОНОВОЙ КИСЛОТЫ В СПЕЦИЯХ

Чалый З. А., [tokka66@bk.ru](mailto:tokka66@bk.ru),

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Специи — это съедобные части растений, которые традиционно добавляются в пищевые продукты для придания им новых органолептических свойств. Климатические условия, в которых выращиваются специи, благоприятны для их загрязнения плесневыми грибами, ряд из которых могут продуцировать микотоксины (далее — МТ). Одними из широко распространенных и мало изученных МТ являются метаболиты грибов рода *Alternaria* — альтернариатоксины. Тенуазоновая кислота (далее — ТеА) — один из их представителей, характеризующийся наибольшей острой токсичностью. В настоящее время не установлено национальных или международных регламентов содержания ТеА, но в странах ЕС введены ориентировочные уровни в ряде пищевых продуктов, в том числе и специях. В Баварии установлен региональный регламент на содержание ТеА в детском питании из сорго/проса на уровне 500 мкг/кг.

Целью исследования было изучение одного из наиболее часто обнаруживаемых альтернариатоксинов — тенуазоновой кислоты в специях методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масспектрометрическим детектированием (далее — ВЭЖХ–МС/МС).

В ходе работы было проанализировано 66 образцов специй, включая перец чили, паприку, черный перец, имбирь, куркуму, мускатный орех, смеси специй.

Для подготовки проб применяли модифицированный вариант QuEChERS: навеску экстрагировали смесью ацетонитрил/вода/уксусная кислота (49/50/1 % об.), затем добавляли смесь солей NaCl и MgSO<sub>4</sub>, центрифугировали; супернатант концентрировали и перерастворяли в смеси подвижных фаз. Подготовленные пробы анализировали методом ВЭЖХ–МС/МС с электрораспылительной ионизацией; хроматографическое разделение осуществляли на обращенно-фазовой колонке с привитыми группами октадецилсилана Zorbax SB-C18, 150 × 4,6 мм, 3,5 мкм, размер пор — 80Å, в режиме градиентного элюирования смесью вода-метанол-ацетонитрил, модифицированной 1 мМ формиата аммония и 0,1%-й муравьиной кислотой.

Наиболее загрязненным видом специй оказался красный перец, представленный двумя разновидностями: чили и паприка. Все образцы паприки загрязнены ТеА, максимальный уровень загрязнения составил 2942,4 мкг/кг. В 71 % проб перца чили обнаружили ТеА с максимальным уровнем загрязнения 3799,2 мкг/кг. В половине образцов смесей была выявлена ТеА, среднее содержание составило 168,5 мкг/кг. ТеА была найдена в одном образце черного перца и имбиря на уровнях 55,1 мкг/кг и 37 мкг/кг соответственно. В куркуме и мускатном орехе ТеА обнаружена не была.

Получены данные, свидетельствующие о высокой частоте обнаружения и уровнях контаминации перца чили и паприки ТеА, что является основанием для разработки гигиенического регламента ее содержания в этих видах продукции и свидетельствует о необходимости организации гигиенического мониторинга.

Поступила 13.09.2023

## ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ НЕКОТОРЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ТОМАТОВ АЛЬТЕРНАРИАТОКСИНАМИ

Чалый З. А., [tokka66@bk.ru](mailto:tokka66@bk.ru),

Седова И. Б., к. б. н., [isedova@ion.ru](mailto:isedova@ion.ru),

Тутельян В. А., д. м. н., академик РАН, профессор, [tutelyan@ion.ru](mailto:tutelyan@ion.ru)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Плесневые грибы рода *Alternaria* распространены в природе повсеместно и являются одними из наиболее микотоксигенных грибов. Их метаболиты — альтернариатоксины (далее — МТ<sub>AL</sub>) — обладают цитотоксическим, генотоксичным, тератогенным, мутагенным, фетотоксическим действием

и кожной токсичностью. Среди 70 зарегистрированных метаболитов наиболее изучены и могут представлять опасность для здоровья человека и сельскохозяйственных животных пять: альтернариол (далее — АОН), его метиловый эфир (далее — АМЕ), альтенуен (далее — АЛТ), тентоксин (далее — ТЕН) и тенуазоновая кислота (далее — ТеА). Известно об обнаружении МТ<sub>АЛ</sub> в продуктах переработки зерна, фруктовых и овощных соках, бобовых и специях. Из продуктов переработки овощей томаты наиболее подвержены загрязнению этими токсинами.

Целью исследования явились разработка метода определения и изучение частоты и уровней загрязнения малоизученных МТ<sub>АЛ</sub> (АОН, АМЕ, АЛТ, ТеА и ТЕН) в томатном соке и пасте.

Методика определения МТ<sub>АЛ</sub> в продуктах переработки томатов включала в себя этапы экстракции смесью ацетонитрила с 1%-м раствором муравьиной кислоты (99/1 % об.), перемешивание, высаливание с помощью NaCl и MgSO<sub>4</sub>, центрифугирование, концентрирование. После упаривания образец перерастворяли в смеси ацетонитрил/вода (2/8 % об.), содержащей 5 мМ раствор ацетата аммония, центрифугировали и количественное определение содержания токсинов проводили хромато-масс-спектрометрическим методом. Матричный эффект для всех токсинов, кроме ТеА, был незначительным и не превышал 18 %, для ТеА составил 30 %. Степени извлечения токсинов варьировались от 86 % (ТеА) до 110 % (АМЕ). Пределы количественного определения метода для ТЕН, АМЕ, АОН, АЛТ и ТеА составили 1, 4, 6, 8 и 20 мкг/кг соответственно. Преимуществами разработанного метода являются быстрота и простота анализа, экономия используемых реагентов, возможность одновременного определения пяти МТ<sub>АЛ</sub>, их эффективное хроматографическое разделение.

С использованием этого метода было изучено загрязнение МТ<sub>АЛ</sub> в 18 продуктах переработки томатов (сок (8), паста (10)), приобретенных в торговых точках Москвы и Московской области.

Наименее загрязненными МТ<sub>АЛ</sub> оказались пробы томатного сока, в них были найдены 2 из 5 токсинов. ТеА была обнаружена в 5 из 8 образцов в количестве от 41 до 203 мкг/кг; загрязненным АОН оказался один образец сока (14,6 мкг/кг АОН). В пробах томатной пасты не был обнаружен только один из МТ<sub>АЛ</sub> — ТЕН. Во всех пробах присутствовали ТеА в количестве от 64 до 449 мкг/кг и АЛТ — от 24 до 120 мкг/кг. АОН был найден в 4 из 10 изученных проб в количестве от 14 до 40 мкг/кг, АМЕ — в двух случаях в количестве 33 и 62 мкг/кг.

Впервые в Российской Федерации получены данные, свидетельствующие о высокой частоте загрязнения томатной пасты альтернатоксинами, в первую очередь тенуазоновой кислотой. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения постоянного изучения загрязненности альтернатоксинами продуктов переработки томатов и организации гигиенического мониторинга их содержания.

*Работа выполнена за счет средств Федерального бюджета в рамках государственного задания № FGMP-2023-0006.*

Поступила 20.09.2023

## Раздел 6

# ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ. СТАТЬИ

### ПУТИ И ПРИНЦИПЫ ПЕРЕНОСА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ (В ТОМ ЧИСЛЕ И ПО ВЛИЯНИЮ РАДИОАКТИВНОСТИ) С ЖИВОТНЫХ НА ЧЕЛОВЕКА: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

*Бондарева Л. Г., к. х. н., доцент, lydiabondareva@gmail.com*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Несмотря на то что люди и животные (технически — «животные, не относящиеся к человеку») могут выглядеть по-разному, на физиологическом и анатомическом уровне они удивительно похожи. Животные, от мышей до обезьян, имеют одни и те же органы (сердце, легкие, мозг и др.) и системы органов (дыхательная, сердечно-сосудистая, нервная системы и др.), которые выполняют одни и те же функции практически одинаковым образом. Сходство означает, что почти 90% ветеринарных препаратов, используемых для лечения животных, аналогичны или очень похожи на лекарства, разработанные для лечения людей. Есть небольшие различия, но они значительно перевешиваются сходством. Такие различия могут дать важные подсказки о болезнях и о том, как их можно лечить, — например, если бы мы знали, почему мыши с мышечной дистрофией страдают от мышечной дистрофии меньше, чем люди, это могло бы привести к лечению данного изнурительного и смертельного заболевания.

Экстраполяция данных о животных на человека может включать аллометрическое масштабирование, при котором в рамках оценки учитываются различия в скорости метаболизма для масштабирования дозы между животными и людьми. Это понятие может также включать различия в физиологии — например, в частоте активного дыхания. Использование аллометрического масштабирования подробно описано в рекомендациях ЕСНА [1].

Для оценки допустимых или недопустимых уровней воздействия ионизирующего излучения на организм человека проводится большой комплекс исследований по изучению кинетики обмена, распределения, выведения, биологического действия различных радионуклидов и источников внешнего излучения. При этом особое внимание уделяется пути и ритму поступления радионуклидов в организм, особенностям накопления, избирательности отложения в отдельных органах, их микро-распределению. Широкий комплекс экспериментальных исследований по обоснованию допустимых уровней воздействия составляет основу радиобиологического нормирования радиоактивных веществ.

Особую значимость приобретает перенос экспериментальных данных с животных на человека. Перед нами стояла ответственная задача по выбору наиболее чувствительных показателей, с помощью которых можно выявить начальные признаки интоксикации при воздействии минимальных доз радиоактивных веществ с учетом индивидуальной чувствительности животных к действию различных радионуклидов. Это и стало целью нашей работы.

В качестве сравнимых показателей нами использованы следующие: продолжительность жизни, скорость прохождения пищи по желудочно-кишечному тракту, резорбции радиоактивных веществ из легких, скорость вентиляции легких животных и человека, а также сравнение степени поражения наиболее чувствительных органов (критических) у животных и человека. Важное значение при оценке биологического эффекта радионуклида имеет индивидуальная чувствительность различных видов животных и человека, характеризующая специфику обменных процессов в организме. Известно, что наиболее резкие видовые различия у разных видов лабораторных животных связаны со скоростью протекания обменных процессов. Поэтому при переносе данных с животных на человека необходимо учитывать фактор времени. Следует сравнивать данные острой, подострой и хронической токсичности по кривым доза — эффект, определяя изоэффективные количества изотопов в единицах активности для различных видов животных.

Нами была использована формула (1) для расчета поступления химических веществ из различных сред, которая была сформулирована и описана в руководстве США RAGS-A по оценке риска [2]:

$$I = \frac{C \times CR \times EFD}{BW} \times \frac{1 \times CF}{AT}, \quad (1)$$

где  $I$  — потребление химического вещества (обычно выражается в мг/кг массы тела/день);

$C$  — средняя концентрация химического вещества в течение периода воздействия (например, мг/л, мг/кг или мг/м<sup>3</sup>);

$CR$  — частота контактов с загрязненными средами, с которыми контактировали, на единицу время или событие (например, л/день);

$EFD$  — частота и продолжительность воздействия (как долго и как часто происходит воздействие).  $EFD$  может быть основана на двух параметрах: 1) частота воздействия  $EF$  (например, дни/год) и 2) продолжительность воздействия  $ED$  (например, годы);

$BW$  — масса тела, обычно усредненная за период воздействия (например, кг);

$AT$  — период времени усреднения, в течение которого воздействие усредняется (например, часы, дни, месяцы, годы);

$CF$  — коэффициент пересчета, если единицы указанных выше параметров не совпадают.

Первый член в приведенном выше уравнении рассчитывает потребление на основе частоты и продолжительности воздействия с поправкой на массу тела, тогда как второй член корректирует потребление на основе выбранного времени усреднения и включает корректировку, где единицы в отдельных условиях не совпадают.

При условии, если вещество было не одно, а анализировались условия в присутствии нескольких химических веществ, использовались другие вычисления. Для этого рассматривалось основное предположение о том, что вклад токсичности отдельных химических веществ в смеси можно суммировать, выражая концентрацию или дозу каждого компонента через стандартное или эталонное соединение. Количество каждого компонента корректируется умножением на коэффициент эквивалентности токсичности (далее —  $TEF$ ), основанный на относительной силе токсичности. Получение  $TEF$  основано на оценке коэффициента относительной активности для отдельных компонентов:

Общий эквивалент токсичности  $TEQ = \sum (\text{вещество } 1 / \text{концентрация} \times TEF_1) n$ .

Чтобы получить общую оценку риска по всем компонентам смеси, отдельные  $HQs$  суммируются для выведения индекса опасности (далее —  $HI$ ):

$$HI = \sum_{j=1}^n \frac{E_j}{RfD_j} = \sum_{j=1}^n HQ_j, \quad (2)$$

где  $E_j$  — уровень воздействия химического вещества  $j$ ;

$RfD_j$  —  $RfD$  химического вещества  $j$ ;

$HQs$  —  $HQ$  для химического вещества  $j$  (безразмерный).

Так, в опытах на крысах нами проводилось экспериментальное обоснование предельно допустимого содержания трития в организме человека и в воздухе рабочих помещений. В качестве показателей были использованы: летальный эффект, изменения в системе крови, в женской половой сфере и хрусталике. На наш взгляд, эти показатели наиболее чувствительны к облучению и относятся к первой группе критических органов. Мы согласны с тем, что выбор таких показателей вполне оправдан, но, с другой стороны, обоснование некоторых коэффициентов переноса весьма условно. Сравнивая продолжительность жизни человека и крысы, мы провели аналогию: 30 лет жизни человека соответствуют 1 году жизни крысы, а на основании этого установлен коэффициент запаса — 2,5.

При обосновании ПДК пестицида этаметсульфурон-метила использовались различные клинико-физиологические показатели, на основании которых также устанавливали коэффициент запаса. Мы считаем, что при переносе данных с животных на человека необходимо учитывать коэффициент запаса. По нашим данным, для этаметсульфурон-метила коэффициент запаса должен быть равен семи.

Используя различные пути и принципы подхода к переносу данных с животных на человека, необходимо также учитывать и период полувосстановления нарушений функций. Так, периоды полувосстановления у разных видов животных и человека различны. Таким образом, недостаточность

информации по этим вопросам отражается в неопределенности так называемого коэффициента экстраполяции, т. е. показателя, который учитывается в расчетах при переносе данных с животных на человека.

При оценке последствий облучения в относительно малых дозах или дозах, вызывающих хроническое течение поражения, критерием для переноса экспериментальных данных с животных на человека являются отдаленные последствия, особенно их опухолевые формы, развивающиеся в организме после воздействия излучения.

При прогностических оценках уровней работоспособности человека после облучения нами были использованы коэффициенты экстраполяции, установленные по данным экспериментов на животных (таблица 1).

Таблица 1 — Коэффициенты экстраполяции (К) экспериментальных данных с крыс на человека после воздействия ионизирующего излучения

Критерий экстраполяции	Форма лучевой болезни	$K_{\text{крысы}}$	$K_{\text{человек}}$
По дозе облучения	Кроветворная	2	1
	Кишечная	1,1	1
	Токсемическая	2	1
	Церебральная	2,5	1
По времени развития постлучевых эффектов	Кроветворная	0,3	1
	Кишечная	0,3	1
	Токсемическая	0,5	1
	Церебральная	0,4	1

При изучении воздействия разнообразных факторов полученные результаты зависят больше всего от показателей физиолого-биохимических и клинических уровней. При этом исходят из морфофункционального сходства звеньев системы поведенческого характера человека и животных, подобия нейрофизиологических механизмов функционирования клеток коры головного мозга в процессе принятия решения, а также общих механизмов патологических процессов в нервных клетках животных и человека и нарушений их функций после однотипных воздействий.

Таким образом было установлено следующее. Проведенные исследования еще раз убедительно свидетельствуют о том, что перенос экспериментальных данных с животных на человека правомерен, так как характер ответной реакции на токсический агент у животных и человека в основном однотипен. Различие заключается лишь в разной чувствительности человека и животных к воздействию изучаемого вещества. Для установления подобных коэффициентов перехода нужна систематическая разработка научных принципов экстраполяции с рациональным и дифференциальным подходом в выборе информативных показателей.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Отраслевой программы Роспотребнадзора (фундаментальные исследования), рег. номер 121090800090-4.*

## Литература

1. ECHA. European Chemicals Agency's Dissemination portal with information on chemical substances registered under REACH [Electronic resource]. — Mode of access: <https://echa.europa.eu/information-on-chemicals>. — Date of access: 04.09.2023.

2. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume 1 Human Health Evaluation Manual (Part A) [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>. — Date of access: 04.09.2023.

Поступила 26.09.2023



## СТРУКТУРА И ОБЪЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ОТХОДОВ

*Ботян Е. А., wastes@ecoinfo.by,  
Кулевская Н. А., wastes@ecoinfo.by*

Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология»,  
г. Минск, Республика Беларусь

Медицинские отходы представляют потенциальную угрозу для людей и окружающей среды, поэтому обращение с ними должно осуществляться таким образом, чтобы любые сопутствующие риски были снижены до приемлемых уровней. В Республике Беларусь реализуются механизмы, которые направлены на выполнение требований безопасности при обращении с медицинскими отходами, вместе с тем исполнение этих требований побуждает к дальнейшим разъяснениям. В настоящей статье рассматривается классификация медицинских отходов, объемы образования их в составе отходов производства и потребления, приводятся также рекомендации по обращению с медицинскими отходами в аспекте защиты здоровья людей и окружающей среды.

По оценкам ВОЗ, от 15 до 20 % медицинских отходов могут быть отнесены к опасным из-за их инфекционности, токсичности, а иногда и радиоактивности [1, 2]. Однако практика обращения с медицинскими отходами не является стандартизированной для всех стран. В Республике Беларусь медицинские отходы образуются у всех хозяйствующих субъектов в результате их экономической деятельности, имеющих целью производство продукции (оказание услуг). Неизменно отработанные медицинские изделия, лекарственные средства, приобретенные и хранящиеся потребителями, непреднамеренно накапливаются в домах, на рабочих местах и теряют свои потребительские свойства по следующим основным причинам: окончания срока годности, изменения тактики лечения, несоблюдения режима приема лекарств, сохранения для предполагаемого использования остатков законченного лечения. Согласно ОКРБ 021-2019, в стране 35 % образующихся медицинских отходов относятся к опасным отходам (1–3 класс опасности) [1], которые представляют потенциальную угрозу для здоровья населения. Многие развитые страны уже разработали некоторые стратегии, программы и правила, направленные на минимизацию риска фармацевтического загрязнения окружающей среды, вызванного неправильным обращением с просроченными, неиспользованными лекарственными средствами и изделиями медицинского назначения.

Анализ данных объемов образования медицинских отходов производства проводился с использованием базы данных «Государственного кадастра отходов Республики Беларусь». Анализ проводился в разрезе видов экономической деятельности предприятий страны. Расчет объема образования медицинских отходов в составе отходов потребления проводился за 3 года по результатам определения морфологического состава коммунальных отходов, проводимого республиканским научно-исследовательским унитарным предприятием «Бел НИЦ „Экология“» и на договорной основе для субъектов хозяйствования. Проведены собственные исследования по определению объемов образования медицинских отходов у населения в III квартале 2023 г. для республики в целом и с учетом административно-территориального деления (областного, районного — по наличию данных). Для количественного исследования использовался наблюдательный контрольный список по проверке лекарств и изделий медицинского назначения с истекшим сроком годности и для определения данных об объемах и типах лекарств.

Медицинские отходы характеризуются незначительными объемами образования в Республике Беларусь. Согласно данным государственной статистической отчетности 1-отходы (Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь) «Отчет об обращении с отходами производства», на долю медицинских отходов в 2022 г. приходилось 0,34 % годового выхода отходов производства в стране, без учета многотоннажных и характерных видов отходов производства. Динамика образования, использования и удаления медицинских отходов приведена на рисунке 1. В частности, объем образования медицинских отходов в 2022 г. составил 20,6 тыс. тонн, уровень использования — 59,66 %, вывезено на захоронение 2,81 тыс. тонн.

Согласно статистическим данным, объем образования медицинских отходов за 10 лет вырос в два раза. Наибольшим объемом образования характеризуются медицинские отходы охраны здоровья людей — 90 % выхода медицинских отходов. Структура образования медицинских отходов по группам представлена на рисунке 2. Среди медицинских отходов охраны здоровья людей наибольшими объемами образования характеризуются: обеззараживающие и антисептические вещества (рабочие растворы) испорченные, отработанные; отходы, загрязненные кровью или биологическими жидкостями не инфицирующими; одноразовые шприцы, бывшие в употреблении; инфицирующие

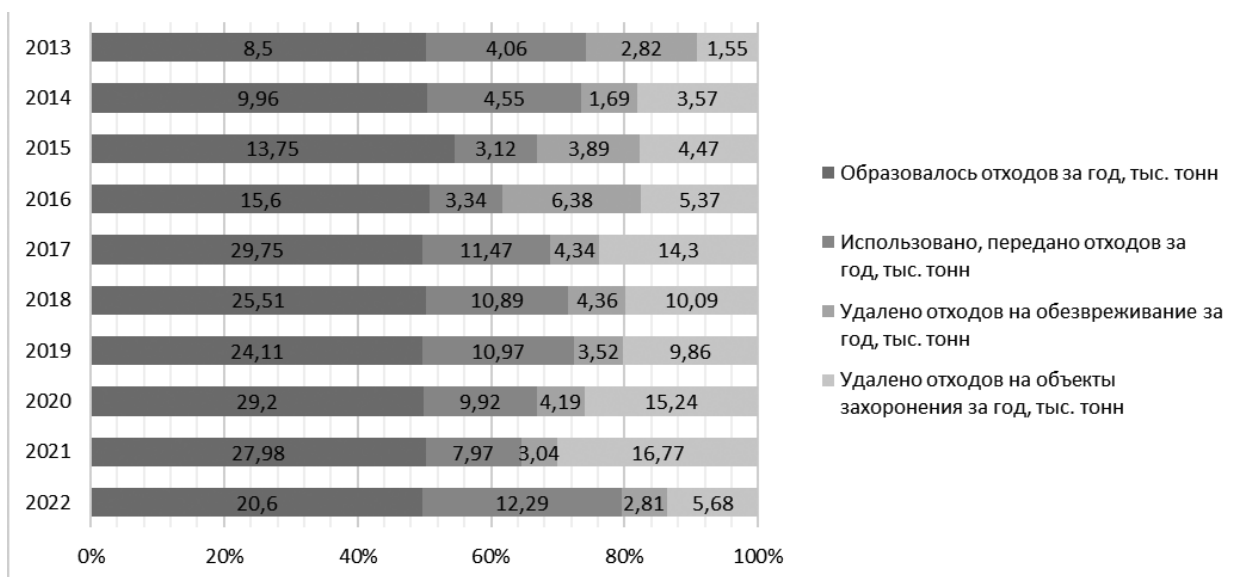


Рисунок 1 – Образование и использование медицинских отходов в 2013–2022 гг.

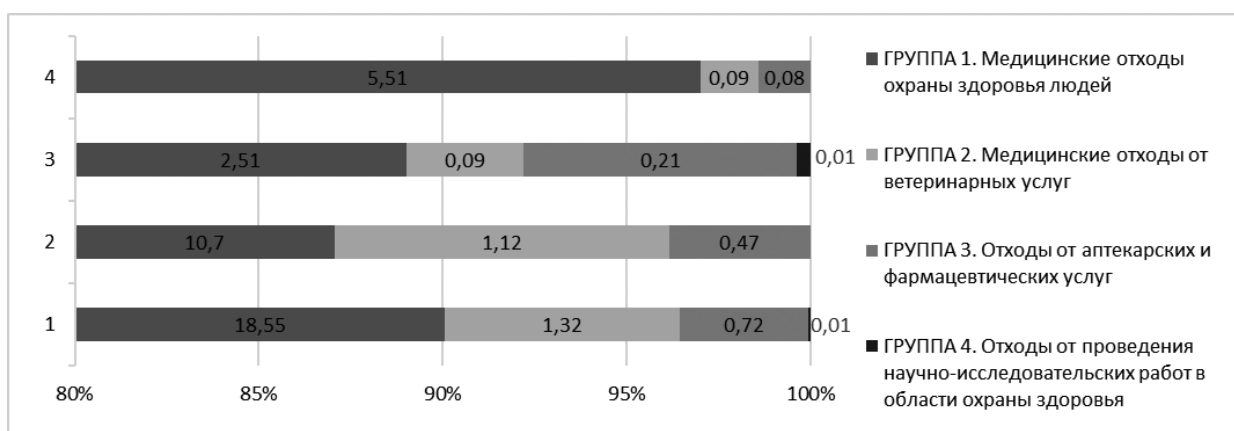


Рисунок 2 – Структура образования медицинских отходов по группам в 2022 г.

отходы, отходы лабораторий, работающих с микроорганизмами 3–4 группой патогенности, за исключением лабораторий фтизиатрических и микологических отделений, необеззараженные (необезвреженные) — на их долю приходится более 60 % отходов данной группы.

Из общего объема образовавшихся в 2022 г. медицинских отходов количество захороненных составило 2,81 тыс. тонн, из них 2,3 тыс. тонн, или более 80 %, составляют отходы обеззараживающих и антисептических веществ (рабочие растворы) испорченных, отработанных; отходы, загрязненные кровью или биологическими жидкостями, не инфицирующие; пищевые отходы инфекционных, кожно-венерологических, фтизиатрических, микологических подразделений.

В 2022 г. объем образования на предприятиях Республики Беларусь медицинских отходов 1–4 степени классов опасности составил 20,59 тыс. тонн, из них 87,4 % (18,00 тыс. тонн) приходилось на отходы 4 класса опасности (антисептические вещества (рабочие растворы) испорченные, отработанные, отходы, загрязненные кровью или биологическими жидкостями, неинфицирующими, обеззараженные (обезвреженные), анатомические отходы обеззараженные (обезвреженные), средства защиты от химических или бактериальных аэрозолей испорченные или отработанные обеззараженные (обезвреженные), инфицирующие отходы, отходы лабораторий, работающих с микроорганизмами 3-й и/или 4-й групп патогенности, за исключением лабораторий фтизиатрических и микологических отделений, обеззараженные (обезвреженные) и др.).

Характерными медицинскими отходами 1 класса опасности являются: отходы, загрязненные кровью или биологическими жидкостями неинфицирующими, необеззараженные (необезвреженные); части тела и внутренних органов необеззараженные (необезвреженные); цитостатические

фармацевтические препараты; острые предметы необеззараженные (необезвреженные); пищевые отходы инфекционных, кожно-венерологических, фтизиатрических, микологических подразделений необеззараженные (необезвреженные); одноразовые шприцы, бывшие в употреблении, необеззараженные (необезвреженные) и др. Общий объем образования таких отходов в 2022 г. составил 2,2 тыс. тонн. Кроме того, в 2022 г. в стране образовалось 24 464 единицы термометров ртутных использованных или испорченных.

Организованы и проведены работы по определению морфологического состава коммунальных отходов (отдельно по смешанным отходам и по раздельно собранным): на 8 площадках в г. Минске, 4 площадках в областных центрах (Гомель, Гродно, Брест, Могилев) и 11 площадках в районных центрах (из них 6 площадок в городах с численностью населения 30–100 тыс. человек (Кобрин, Лида, Жлобин, Пинск, Слоним, Борисов) и 4 площадки в райцентрах с числом жителей до 20 тыс. человек (Каменец, Глубокое, Быхов, Мосты)).

В рамках выполнения работ по определению морфологического состава коммунальных отходов [3] по результатам проведения работ на первых площадках в г. Минске и анализе предложенных к изучению площадок были отмечены отличия в принципах построения системы сбора смешанных отходов. В отдельных регионах основа системы сбора — это крупнотоннажные контейнеры, в других — контейнеры емкостью 0,75 м<sup>3</sup> металлические или пластиковые, в третьих — стандартные евроконтейнеры. При этом емкость контейнеров и количество контейнеров на каждой площадке отличались, что обусловлено числом обслуживаемого населения и частотой вывоза коммунальных отходов.

Сводный анализ доли образования медицинских отходов в составе твердых коммунальных отходов (далее — ТКО) и вторичных материальных ресурсов (далее — ВМР) на 22 тестовых площадках, установленный на всех этапах исследований, приводится в таблице 1.

Таблица 1 — Доля образования медицинских отходов в составе ТКО и ВМР в разрезе трех сезонов года по результатам исследования

Наименование населенного пункта	Зима		Лето		Осень		ИТОГО	
	ТКО, %	ВМР, %	ТКО, %	ВМР, %	ТКО, %	ВМР, %	ТКО, %	ВМР, %
г. Брест	4,11	8,90	1,49	8,97	19,28	2,54	8,29	6,80
г. Гомель	0,22	–	–	1,43	0,94	2,66	0,39	1,36
г. Гродно	11,49	1,04	0,81	16,28	15,24	0,97	9,18	6,09
г. Минск	2,28	–	5,22	4,51	0,44	10,20	2,65	4,90
г. Могилев	0,69	–	1,15	0,64	18,02	–	6,62	0,21
г. Жлобин	–	–	0,51	1,29	0,57	1,20	0,36	0,83
г. Лида	2,57	0,02	7,68	–	10,57	–	6,94	0,01
г. Кобрин	1,44	7,00	5,90	4,87	1,05	9,84	2,80	7,24
г. Пинск	5,61	0,71	5,48	1,04	4,72	1,00	5,27	0,92
г. Слоним	0,63	0,22	0,74	–	1,15	0,12	0,92	0,17
г. Борисов	3,12	–	2,29	1,57	4,70	3,7	3,37	2,6
г. Быхов	21,64	–	45,45	65,25	0,78	8,80	22,62	24,68
г. Мосты	6,72	16,45	16,75	3,12	34,61	4,42	19,36	7,99
г. Каменец	15,36	16,41	0,72	3,05	17,58	2,89	11,22	7,45
г. Глубокое	1,61	–	2,38	4,68	17,51	1,82	7,17	2,17

В составе коммунальных отходов, образующихся у населения, медицинские отходы формируются преимущественно из одноразовых изделий медицинского назначения, медикаментов фабричного производства с истекшим сроком годности (пустые флаконы, пробирки, блистеры и пр.). Более 80 % от образующихся медицинских отходов в составе коммунальных приходится на использованные одноразовые изделия медицинского назначения.

Всего в составе коммунальных отходов в стране 6,02 % приходится на медицинские отходы.

В рамках выполнения работ по определению морфологического состава коммунальных отходов (отдельно по смешанным и раздельно собранным коммунальным отходам) на территории г. Минска были определены 8 мест проведения исследований: ул. Каховская, 36; ул. Рокоссовского, 35, 39; ул. Долгобродская, 30; ул. Никифорова, 10; ул. Каменногорская, 22а; ул. Днепровская, 9; ул. Смоляч-

кова, 10; ул. Челюскинцев, 71, 73. Определено, что в г. Минске на долю медицинских отходов в составе ТКО приходится 2,65 % и 4,68 % на ВМР соответственно.

На территории областных центров были определены 4 места проведения: пр-т Речицкий, 43 (г. Гомель); ул. Красного Флота, 10а (г. Могилев); пр-т Партизанский, 22 (г. Брест); ул. Комарова, 28 (г. Гродно).

В результате исследования установлено что в областных центрах Республики Беларусь 3,28 % приходится на медицинские отходы в составе ТКО и 1,96 % в составе ВМР.

В городах с численностью населения от 30,0 до 100,0 тыс. человек были определены 6 мест проведения исследований: ул. Барташова, 23 (Первомайская 51а), г. Жлобин; ул. Рыбиновского, 84 (г. Лида); ул. Дружбы, 14 (г. Кобрин); ул. Студенческая, 27, 29 и ул. Ж. Гуренковой, 11 (г. Пинск); ул. Гагарина, 52, (г. Борисов); ул. Черняховского, 1 (г. Слоним).

Определено, что 2,65 % приходится на медицинские отходы в составе ТКО и 4,68 % в составе ВМР.

На территории малых городов (до 20,0 тыс. человек) были определены 4 места проведения исследований: улица Смолячкова, 30 (г. Быхов); ул. Зеленая, 90а (г. Мосты); ул. Брестская, 75а (г. Каменец) и ул. Ленина, 129 (г. Глубокое). В результате исследования установлено что на территории малых городов 15,09 % приходится на медицинские отходы в составе ТКО и 10,57 % в составе ВМР.

Наибольший объем образования медицинских отходов в составе ТКО приходится на осенний сезон — 9,81 %; наименьший — на зимний: 5,17 %. Среди раздельно собранных отходов (ВМР) наибольший объем образования приходится на лето — 7,78 %, наименьший — на осенний.

Загрязнение медицинскими отходами является новой проблемой общественного здравоохранения во всем мире, связанной с увеличением производства и потребления лекарственных средств и изделий медицинского назначения. Чрезмерное производство, назначение и потребление изделий медицинского назначения, лекарственных средств привело к образованию большого количества лекарств и изделий с истекшим сроком годности в составе коммунальных отходов, которые оказывают многогранное вредное воздействие на окружающую среду. Проблема медицинских отходов является взаимосвязанной проблемой, в которую вносят свой вклад все стороны, участвующие в процессе производства и потребления изделий медицинского назначения и лекарственных средств.

За последние три года (2020–2022 гг.) коэффициент регенерации медицинских отходов в составе отходов производства составляет 38,8 % (или 10,06 тыс. тонн), уровень обезвреживания — 12,91 % (или 3,34 тыс. тонн).

Ежегодно на захоронение отправляется 12,56 тыс. тонн, или 48,46 % от объема образования медицинских отходов производства, и 25,15 тыс. тонн — 6,65 % объема образования медицинских отходов потребления.

В настоящее время в стране зарегистрировано 44 объекта обезвреживания медицинских отходов общей мощностью около 1462 тонн в год.

В стране хорошо налажена работа с медицинскими отходами производства, ведется учет таких отходов у всех субъектов хозяйствования.

В настоящее время, в эпоху развития фармацевтической промышленности, выработка и принятие специального законодательства по контролю за обращением с медицинскими изделиями, лекарственными средствами, потерявшими свои потребительские свойства, являются насущной необходимостью [4]. Основные рекомендации по обращению с медицинскими отходами в аспекте защиты здоровья людей и окружающей среды следующие: сокращение перечня лекарственных средств, отпускаемых без рецепта; проведение информационной работы среди населения по вопросам обращения с медицинскими отходами и рациональным использованием лекарственных средств; модернизация системы обращения с коммунальными отходами с развитием системы раздельного сбора медицинских отходов на базе поликлиник и аптек; создание руководящего документа, определяющего конкретный список лекарственных средств, запрещенных к сбросу непосредственно в системы канализации для отведения городских сточных вод населенных пунктов.

## Литература

1. Windfeld, E. S. Medical waste management — A review / E. S. Windfeld, M. S. Brooks // J Environ Manage. — 2015. — Vol. 163. — P. 98–108.
2. Komilis, D. Generation and composition of medical wastes from private medical microbiology laboratories / D. Komilis, N. Makroleivaditis, E. Nikolakopoulou // Waste Manag. — 2017. — Vol. 61. — P. 539–546.
3. Определение морфологического состава коммунальных отходов на тестовых площадках (осенний сезон) / РУП «Бел НИЦ «Экология». — Минск, 2020. — С. 20–37.

4. Review of Antimicrobial Resistance in the Environment and Its Relevance to Environmental Regulators. / A. C. Singer [et al.] // Front Microbiol. — 2016. — Vol. 7. — P. 1728.

5. Kraemer, S. A. Antibiotic Pollution in the Environment: From Microbial Ecology to Public Policy / S. A. Kraemer, A. Ramachandran, G. G. Perron // Microorganisms. — 2019. — Vol. 7, № 6. — P. 180.

Поступила 09.10.2023

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОКСИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИСФЕНОЛОВ А И S

Васильева М. М., *vasmm11@gmail.com*,

Грынчак В. А., к. м. н., *grinchakva@gmail.com*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

При изготовлении полимерных изделий различного назначения (термобумага, контейнеры для пищевых продуктов и напитков, покрытия консервных банок, медицинские изделия, игрушки, упаковка и т. д.) производителями широко применяется в качестве пластификатора органическое синтетическое соединение — бисфенол А. Известно, что бисфенол А оказывает негативное воздействие на эндокринную и репродуктивную системы. Всемирная организация здравоохранения с его воздействием связывает развитие сердечно-сосудистых заболеваний, диабета, ожирения, раннего полового созревания, бесплодия, психоэмоциональных расстройств, рака молочной железы и простаты. Бисфенол А трудно заменить другим соединением с сохранением всех потребительских свойств готовых изделий. По результатам поиска альтернативного пластификатора производители стали использовать бисфенол S. Анализ литературных данных показал, что токсичность и опасность нового бисфенола недостаточно изучены. Особый научный интерес представляет сравнение токсических эффектов бисфенолов А и S, их специфичности и выраженности, что указывает на актуальность проведения соответствующих токсикологических экспериментов [1–4].

Цель работы — сравнить токсические свойства бисфенолов А и S при различных путях поступления в организм лабораторных животных, раздражающее действие на кожные покровы и слизистые оболочки глаз, субхроническую токсичность, развитие специфических токсических эффектов на экспериментальных моделях *in vivo* и *in vitro*.

Эксперименты проведены на 313 рандомбредных белых крысах массой 180–220 г, 62 морских свинках массой 338–392 г и 12 белых кроликах породы Шиншилла массой 4,2–4,5 кг, содержащихся на стандартных кормах в виварии республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены», руководствуясь методическими документами (Инструкции по применению № 046-1215, 048-1215, 049-1215, 045-1215, 052-1215, 051-1215, утвержденными Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь).

Объектами исследований послужили бисфенол А, практически не растворим в воде, CAS № 80-05-7, молекулярный вес 228,29 г/моль, и бисфенол S, практически не растворим в воде, CAS № 80-09-1, молекулярный вес 250,27 г/моль, производства Sigma-Aldrich Chemie N. V., Нидерланды.

При экспериментальном моделировании бисфенолы предварительно нагревали с раствором крахмала до получения крахмальной суспензии и в дальнейшем вводили лабораторным животным в соответствующих дозах. В качестве контроля использовали 1%-й водный раствор крахмала.

Изучение особенностей токсических свойств при внутрижелудочном введении бисфенолов А и S проведено в остром эксперименте на крысах обоего пола. Острое отравление моделировали при воздействии максимально возможных объемов введения бисфенолов А и S с помощью иглы-зонда (интервалы между введениями 1,5 часа) с последующим наблюдением в течение 14 суток с регистрацией гибели опытных животных, клинических проявлений интоксикации, макроскопических изменений внутренних органов с оценкой их массовых коэффициентов, также учитывали прирост массы тела. Оценивали измерения систолического артериального давления (далее — АДс), диастолического артериального давления (далее — АДд) и частоты сердечных сокращений (далее — ЧСС) до начала эксперимента, через 24 часа и через 14 суток после введения с помощью системы неинвазивного измерения кровяного давления грызунов «Систола» и платформы «Флогистон» (ООО «Нейроботикс», Россия). Декапитация животных проводилась через 24 часа с момента введения изучаемой дозы и через 14 суток после введения.

Определение степени опасности отравления при трансдермальном пути поступления проведено на крысах обоих полов путем однократного нанесения бисфенолов А и S в дозе 2500 мг/кг массы тела животного, втирания стеклянной палочкой на предварительно выстриженные участки кожи спины.

Способность бисфенолов А и S к субхронической токсичности устанавливали при внутрижелудочном введении самкам и самцам белых крыс в дозах 240, 480 и 1920 мг/кг в течение 90-дневного опыта. В ходе эксперимента регистрировали изменения массы тела животных раз в неделю. После одномоментной декапитации крыс при аутопсии определены относительные коэффициенты массы (далее — ОКМ) внутренних органов: щитовидной железы, желудка, надпочечников, печени, поджелудочной железы, почек, сердца, селезенки, тимуса, матки, яичников, семенников и придатков. Для характеристики функционального состояния организма опытных животных изучали морфофункциональный состав периферической крови (гематологический анализатор Mythic18, Швейцария), также определяли биохимические показатели сыворотки крови и мочи (автоматический биохимический анализатор Ascent 200, Cormay (Польша)).

Сенсибилизирующую активность бисфенолов А и S изучали на самцах морских свинок в неадьювантном тесте Бюхлера. Исследование раздражающего действия бисфенолов на слизистые оболочки глаза кроликов и неповрежденные кожные покровы белых крыс проводили в соответствии с Инструкциями по применению № 049-1215 и № 045-1215. Для выявления метаболических нарушений функции митохондрий бисфенолы исследовали *in vitro* в МТТ-тесте.

Результаты исследований обрабатывали методами вариационной статистики. Количественные параметры представлены в виде медианы и межквартильного размаха. При оценке различий между результатами опыта и показателями контроля использовали непараметрический U-критерий Манна — Уитни. Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез был принят  $p \leq 0,05$ .

Обращение с животными при подготовке и проведении экспериментов осуществляли в соответствии с основными этическими принципами надлежащей лабораторной практики [5]. Дизайн исследований был одобрен на заседании комиссии по биоэтике республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» № 1 от 04.03.2020.

Данное исследование выполнено в рамках гранта M20M-087 «Сравнительная токсикологическая оценка химических веществ группы бисфенолов с предполагаемым эстрогеноподобным действием» Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

При изучении токсических свойств бисфенолов при внутрижелудочном поступлении в период наблюдения после однократного воздействия не зарегистрировано проявлений интоксикации и гибели животных в контрольных и опытных группах. В пересчете на массу тела опытных животных (самцы и самки крыс) экспозиционная доза бисфенолов составила 5000 мг/кг, что является максимально возможной величиной для условий данного эксперимента. У опытных животных не наблюдалось клинических проявлений интоксикации, не регистрировались изменений цвета кожи и видимых слизистых оболочек. В соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 бисфенолы А и S относятся к малоопасным соединениям — 4 класс опасности. Однако при изучении функциональных показателей установлены статистически значимые нарушения ряда систем и органов.

Результаты измерений артериального давления показали, что поступление бисфенола А в организм белых крыс способствует снижению АДс и АДд на 27,3 и 22,3 % ( $p < 0,05$ ) у самцов, а также на 6,2 и 23,6 % ( $p < 0,05$ ) у самок соответственно. В то же время для бисфенола S подобных эффектов не обнаружено. ЧСС во всех опытных группах не отличались от контрольных.

Анализ ОКМ внутренних органов через 14 суток после начала эксперимента показал, что в опытной группе самцов крыс введение бисфенола А привело к статистически значимому увеличению массы печени на 16,9 % и селезенки — на 32,2 % по сравнению с группой контроля. Также установлено токсическое действие бисфенола А на эндокринную систему самцов крыс, о чем свидетельствует увеличение ОКМ тимуса на 28,6 % при  $p < 0,05$ .

В опытных группах самок крыс, получавших бисфенолы А и S, не установлено изменений ОКМ почек, печени, тимуса, селезенки, сердца и надпочечников, как и у самцов, получавших бисфенол S. У всех опытных крыс прирост массы тела оставался на уровне контрольных животных.

При анализе биохимических показателей сыворотки крови самок белых крыс, получавших бисфенол А и S, установлено статистически значимое снижение холестерина на 20,0 и 20,0 %, аланиновой аминотрансферазы (далее — АЛАТ) в 1,4 и 1,3 раза, аспарагиновой аминотрансферазы (далее — АСАТ) — в 1,5 и 1,3 раза соответственно по отношению к контролю.

При изучении токсических свойств при однократном эпикутанном нанесении бисфенолов белым крысам на выстриженные участки кожи спины проявлений интоксикации и гибели животных в опытных группах не зарегистрировано, что позволило отнести изучаемые соединения к малоопасным соединениям ( $DL_{50}$  более 2500 мг/кг) — 4 класс опасности.

На протяжении 90-дневного опыта при внутрижелудочном введении бисфенолов А и S у экспериментальных животных не наблюдали внешних проявлений интоксикации, также опытные группы белых крыс не отличались от контрольных по приросту массы тела, среднegrupповые значения которого колебались в пределах 87–101 г.

При воздействии бисфенола А в дозе 1920 мг/кг у самок установлено увеличение ОКМ щитовидной железы и почек, уменьшение ОКМ тимуса и яичников, у самцов выявлено увеличение ОКМ желудка, надпочечников, печени, селезенки и тимуса по отношению к контрольным животным при  $p < 0,05$ .

Введение бисфенола S в дозе 1920 мг/кг инициировало увеличение ОКМ печени, почек, селезенки и уменьшение ОКМ яичников у самок белых крыс, у самцов установлено статистически значимое увеличение ОКМ желудка, придатков и печени в 1,2 раза, селезенки и тимуса — в 1,3 раза при сравнении с контрольной группой.

При снижении вводимой дозы бисфенола А до 480 мг/кг у самцов обнаружено увеличение ОКМ желудка, надпочечников, печени и селезенки, у самок — увеличение ОКМ щитовидной железы. При воздействии бисфенола S на самцов крыс в дозе 480 мг/кг выявлено увеличение ОКМ печени, селезенки, тимуса и уменьшение ОКМ надпочечников, у самок — увеличение ОКМ почек.

Изучение морфофункциональных показателей периферической крови самцов белых крыс, подвергнутых субхроническому воздействию бисфенола А в дозе 1920 мг/кг, показало снижение показателя гетерогенности тромбоцитов и увеличение лейкоцитов, моноцитов, лимфоцитов, тромбоцитов и тромбокрита, в то время как у самок наблюдалось увеличение количества тромбоцитов. При уменьшении дозы бисфенола А до 480 мг/кг установлено статистически значимое увеличение лейкоцитов и лимфоцитов только у самцов экспериментальных животных. Экспозиция бисфенола S в дозе 1920 мг/кг инициировала увеличение лейкоцитов, лимфоцитов, тромбоцитов, тромбокрита и показателя гетерогенности тромбоцитов при  $p < 0,05$ . При снижении вводимой дозы бисфенола S до 480 мг/кг у самцов белых крыс также выявлено статистически значимое увеличение лейкоцитов, лимфоцитов, тромбоцитов, тромбокрита и показателя гетерогенности тромбоцитов.

При изучении биохимических показателей сыворотки крови самцов белых крыс, получавших бисфенол А в дозе 1920 мг/кг, установлено снижение общего билирубина, глюкозы, холестерина, магния, железа, АСАТ и лактатдегидрогеназы (далее — ЛДГ) и увеличение содержания общего белка ( $p < 0,05$ ). При этом у самок, получавших такую же дозу бисфенола А, выявлено статистически значимое снижение активности ЛДГ и увеличение содержания креатинина и общего белка. Введение дозы 480 мг/кг самцам белых крыс способствовало снижению общего билирубина, магния, холестерина, АСАТ и ЛДГ и увеличению содержания общего белка в крови. У самок белых крыс при том же уровне воздействия установлено снижение активности ЛДГ и увеличение содержания креатинина и общего белка.

При анализе биохимического статуса самцов белых крыс после воздействия бисфенола S в дозе 1920 мг/кг выявлено статистически значимое снижение магния, АЛАТ, АСАТ и ЛДГ и увеличение содержания общего белка, мочевины, холестерина, креатинина. При этом у самок, получавших такую же дозу бисфенола S, установлено снижение активности ЛДГ и магния, увеличение содержания глюкозы, мочевины, креатинина, общего белка. При внутрижелудочном введении дозы 480 мг/кг самцам белых крыс выявлено снижение магния и ЛДГ, увеличение содержания мочевины, креатинина. У самок белых крыс аналогичная доза инициировала статистически значимое снижение активности ЛДГ и магния, увеличение содержания глюкозы, мочевины, креатинина.

Со стороны функциональных показателей состояния мочевыводящей системы на 90-е сутки эксперимента статистически значимое увеличение суточного диуреза наблюдалось во всех опытных группах. Доза бисфенола А 1920 мг/кг способствовала повышению в моче у самцов белых крыс уровня креатинина, глюкозы и магния, а также снижению содержания фосфора. У самок белых крыс введение максимальной дозы бисфенола А инициировало увеличение содержания глюкозы и фосфора и снижало уровень общего белка, мочевины и креатинина. В то же время у опытных групп самцов, которым вводили бисфенол S в дозе 1920 мг/кг, в моче наблюдалось снижение уровня креатинина и общего белка, увеличение содержания глюкозы, фосфора, магния и мочевины. В опытных группах самцов и самок, которым вводили бисфенол А в дозе 480 мг/кг, установлены статистически значимые изменения показателей состояния мочевыделительной системы: у самцов — увеличение уровня глюкозы и магния, уменьшение содержания фосфора и общего белка; у самок — повышение уровня глюкозы и фосфора, снижение содержания общего белка. У самцов и самок, получавших бисфенол S в аналогичной дозе, выявлены нарушения функционального состояния почек: у самцов — уменьшение уровня креатинина, фосфора и общего белка, увеличение уровня магния, глюкозы и мочевины; у самок — снижение уровня креатинина, мочевины, общего белка, магния и фосфора и повышение

уровня глюкозы при  $p < 0,05$ . При введении дозы 240 мг/кг бисфенолов А и S изменений изученных показателей не выявлено.

После проведения провокационной экспозиции ни у одной из опытных морских свинок, подвергнутых воздействию бисфенолов А и S, не было отмечено положительного ответа кожи, свидетельствующего о сенсibilизации, что указывает на отсутствие сенсibilизирующего действия бисфенолов в тесте Бюхлера.

При изучении местно-раздражающего действия бисфенолов А и S признаки гиперемии и визуально значимые изменения статуса кожных покровов опытных животных не выявлены. Суммарная количественная оценка степени индукции эритемы и отека для контроля и опыта при воздействии бисфенолов А и S составляет по 0 баллов. Следовательно, бисфенолы не способны к индукции выраженных раздражающих свойств кожи.

После введения бисфенолов А и S в нижний конъюнктивальный свод правого глаза кроликов выявлены признаки раздражения в виде покраснения конъюнктивы, которые исчезли на 5-й день эксперимента. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что бисфенолы оказывают умеренное ирритативное действие.

При изучении эстрогеноподобного действия бисфенолов на культурах клеток MCF-7 в МТТ-тесте *in vitro* установлено значительное индуцирование пролиферации клеток по сравнению с контролем. Бисфенол А проявлял эстрогеноподобную активность в диапазоне концентраций  $1 \times 10^{-7}$ – $1 \times 10^{-5}$  моль/л, увеличивая пролиферацию клеток на 25–39%, бисфенол S —  $1 \times 10^{-7}$ – $1 \times 10^{-4}$  моль/л обладал цитотоксическим действием, эстрогеноподобной активности не выявлено.

Таким образом, экспериментально установленные данные о токсических свойствах бисфенолов А и S при однократном внутрижелудочном введении и накожном нанесении свидетельствуют, что бисфенолы относятся к малоопасным соединениям (4 класс опасности). Однако статистически значимое изменение ряда клинико-лабораторных показателей свидетельствует о более выраженном токсическом действии бисфенола А для самцов белых крыс, а также наличии эндокринных нарушений и гипотензивного действия при сравнении с токсическим действием бисфенола S.

При субхронической экспозиции бисфенолов А и S при пероральном введении самкам и самцам белых крыс в дозах 1920, 480 и 240 мг/кг на протяжении эксперимента гибели животных и внешних проявлений интоксикации не установлено, прирост массы тела опытных животных не отличался от контрольных. При воздействии бисфенола А в дозах 1920 и 480 мг/кг выявлено изменение относительных коэффициентов массы внутренних органов, в том числе эндокринной системы: печени, селезенки, щитовидной железы, почек, надпочечников и тимуса. Воздействие бисфенолами А и S характеризовалось гепато- и нефротоксичностью, на что указывало снижение билирубина, холестерина, железа, АСАТ, АЛАТ, креатинина; кроме того, снижение уровня ЛДГ указывает на вовлечение в патологический процесс сердца. Изучение содержания микроэлементов сыворотки крови обнаружило наличие сдвигов минерального обмена магния и железа; существенное понижение последнего, вероятно, являлось причиной снижения ряда показателей красного кровяного ростка. Состояние мочевыделительной системы опытных крыс в целом характеризовалось множественными изменениями уровней метаболитов на фоне увеличения суточного диуреза.

В стандартных условиях моделирования на лабораторных животных бисфенолы А и S оказывали умеренное ирритативное действие, не вызывали формирования аллергических реакций и признаков раздражения при контакте с неповрежденными кожными покровами.

Бисфенол А проявлял эстрогеноподобную активность в МТТ-тесте *in vitro*, увеличивая пролиферацию клеток MCF-7 на 25–39%. Бисфенол S не оказывал эстрогеноподобного действия на фоне выраженных цитотоксических свойств.

## Литература

1. Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs. European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Food Contact Materials, Enzymes, Flavourings Processing Aids (CEF) [Electronic resource]. — Mode of access: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/j.efsa.2015.3978>. — Date of access: 01.08.2023.

2. Bansal, R. CLARITY-BPA: Bisphenol A or Propylthiouracil on Thyroid Function and Effects in the Developing Male and Female Rat Brain / R. Bansal, R. T. Zoeller // *Endocrinology*. — 2019. — Vol. 160, № 8. — P. 1771–1785.

3. Оценка риска для работающих при применении гербицида на основе пиколинафена / С. И. Сычик [и др.] // *Вестн. Витеб. гос. мед. ун-та*. — 2021. — Т. 20, № 3. — С. 82–89.

4. Токсиколого-гигиеническая оценка средства защиты растений на основе никосульфурона и римсульфурона / С. Н. Камлюк [и др.] // *Современные аспекты здоровьесбережения: сб. материалов*



юбилейной науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 55-летию медико-профилактич. фак. УО «БГМУ», Минск, 23–24 мая 2019 г. / под ред. А. В. Сикорского, А. В. Гиндюка, Т. С. Борисовой. — Минск: БГМУ, 2019. — С. 696–700.

5. Надлежащая лабораторная практика: ТКП 125–2008(02040). — Введ. 01.05.2008. — Минск: РУП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении», 2008. — 40 с.

Поступила 05.09.2023

## ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ АЛЬБУМИНА ЧЕРНОГО ПИЩЕВОГО В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

<sup>1</sup>Голубева М. И., к. б. н., *golubevamargo@mail.ru*,

<sup>2</sup>Бидевкина М. В., д. м. н., *mbidevkina@mail.ru*,

<sup>3</sup>Шеина Н. И., д. б. н., профессор, *ni\_sheina@mail.ru*,

<sup>1</sup>Бобринева И. А., *ural955@mail.ru*,

<sup>1</sup>Федорова Э. И., *emfed@mail.ru*,

<sup>2</sup>Виноградова А. И., *vinney93@mail.ru*

<sup>1</sup>Акционерное общество «Всесоюзный научный центр по безопасности биологически активных веществ», г. Старая Купавна, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

Железодефицитная анемия, или малокровие, — широко распространенное в мире патологическое состояние человека, возникающее при недостаточном поступлении железа в организм или его потерях. В настоящее время в мире от дефицита железа страдает более 2 млрд человек. По данным ВОЗ, примерно 50 % женщин детородного возраста в западных странах в той или иной степени страдают дефицитом железа [1]. Особенно серьезные нарушения при этом происходят в деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной, иммунной и нервной систем. В современной лечебной практике для лечения малокровия широко применяют различные препараты на основе неорганических и органических соединений железа.

Наличие в крови убойных животных значительного количества железа предопределяет ее применение для выработки продуктов питания и биологически активных добавок (далее — БАД), способствующих профилактике и лечению железодефицитных анемических заболеваний. Альбумин черный пищевой, получаемый из высушенной стабилизированной крови сельскохозяйственных животных, содержит двухвалентное гемовое железо, используется в качестве БАД в составе Гематогена, который является медицинским препаратом, созданным специально для стимуляции производства красных кровяных телец. Этот препарат традиционно назначают в качестве лечебно-питательного продукта при малокровии, в послеоперационный период, после инфекционных и других заболеваний. Чаще всего препарат рекомендуют употреблять при железодефицитной анемии, в результате которой снижается выработка гемоглобина [2, 3].

Альбумин черный пищевой для БАД изготавливается из предварительно выделенной эритроцитарной массы. Такой продукт содержит гораздо меньше свойственных плазме примесей, к тому же при его производстве не требуется высоких температур. Благодаря этому гемовое железо остается стабильным и биодоступным, лучше усваивается. Альбумин черный пищевой является источником полноценного белка (содержит все нужные организму аминокислоты в оптимальном соотношении), жира, углеводов и минералов, необходимых организму человека, в пропорциях, приближенных к составу крови человека. Присутствующий в продукте калий, который является основным внутриклеточным ионом, осуществляет регуляцию водного, кислотного и электролитного баланса. Кроме того, калий принимает участие в проведении нервных импульсов и урегулировании артериального давления. За счет наличия в составе продукта витаминов группы А и аминокислот альбумин черный пищевой укрепляет и тонизирует иммунную систему человека любой возрастной категории. Таким образом, альбумин черный пищевой в составе Гематогена укрепляет иммунитет; борется с мало-

кровием; устраняет дефицит железа, повышая уровень гемоглобина; стимулирует кровообращение; усиливает устойчивость оболочек дыхательных путей и пищеварительного тракта к инфицированию; положительно влияет на состояние кожного покрова и зрительную функцию.

Альбумин черный пищевой не содержится в списках канцерогенных веществ IARC, NTP, OSHA и СанПиН 1.2.2353-08 Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности. Не выявлено тератогенное действие раствора альбумина черного пищевого в культуре целых эмбрионов грызунов (крыс) [4].

Цель исследования — научная экспериментальная разработка и обоснование ориентировочного безопасного уровня воздействия (далее — ОБУВ) альбумина черного пищевого в воздухе рабочей зоны. Экспериментальные исследования проведены в соответствии с действующими нормативными документами. В экспериментах использованы лабораторные животные: неинбредные белые мыши и белые крысы обоих полов, морские свинки белой масти, кролики породы Шиншилла. Животных, прошедших карантин в течение 10 дней, содержали в стандартных условиях вивария.

Альбумин черный пищевой представляет собой пылевидный порошок красновато-коричневого цвета, комочки легко раздавливаются, возможно наличие чешуек и пленок, имеет специфический запах; легко растворим в воде; массовая доля растворимых белковых веществ — 88%. Изученный микроскопическим методом образец субстанции альбумина черного пищевого представляет собой смесь окрашенных кристаллов неправильной формы, которые при микроскопировании имели разную окраску в зависимости от толщины кристаллов — от черных (от 50 до 100 мкм) до красно-бежевых (от 50 до 1 мкм и меньше). Соотношение этих групп кристаллов 40 : 60 по количеству.

Средние смертельные дозы ( $DL_{50}$ ) определяли при введении вещества в водном растворе в желудок с помощью зонда мышам обоих полов и крысам-самцам, а также в брюшную полость мышам-самцам. Местное раздражающее действие на слизистые оболочки глаз изучали при однократном внесении 50 мг вещества в конъюнктивальный мешок глаза кроликов. Местное раздражающее действие на кожу изучали в течение двух недель (5 раз в неделю) при аппликации 500 мг вещества в виде взвеси в крахмальном геле в соотношении 1 : 1 на депилированную кожу спины кроликов на 4 часа. Кожно-резорбтивное действие вещества оценивали на мышах «пробирочным методом» («хвостовые пробы»). Кумулятивные свойства изучали на мышах-самцах при ежедневном внутрижелудочном введении вещества в водном растворе в дозе 1000 мг/кг в течение 28 дней. Сенсибилизирующее действие альбумина черного пищевого изучали комбинированным способом методом внутрикожных и накожных аппликаций вещества на кожу морских свинок по О. Г. Алексеевой и А. И. Петкевич; для выявления сенсибилизации использовали реакцию специфического лизиса лейкоцитов (далее — РСЛЛ). Ингаляционную опасность вещества оценивали при проведении однократной затравки крыс динамическим способом в течение 4 часов.

Для регистрации проявлений интоксикации после ингаляционной затравки использовали как интегральные показатели, так и показатели функционального состояния органов и систем. Состояние нервной системы оценивали по изменению поведенческих реакций в тестах «открытого поля» и «темной камеры с отверстиями» (далее — ТКСО). Порог нервно-мышечной возбудимости определяли по методу С. В. Сперанского. Кроме того, у крыс регистрировали частоту дыхания, частоту сердечных сокращений, измеряли ректальную температуру. В сыворотке крови определяли уровень глюкозы, общего белка, альбуминов, холестерина, триглицеридов, общего билирубина, активность ферментов — аланиновой (далее — АЛТ) и аспарагиновой (далее — АСТ) аминотрансфераз, щелочной фосфатазы (далее — ЩФ). Для оценки функционального состояния выделительной системы определяли диурез за 17 часов, содержание креатинина и мочевины в сыворотке крови и в моче, содержание общего белка и хлоридов в моче; рассчитывали клиренс креатинина и мочевины. Биохимический анализ крови и мочи проводили на автоматическом фотометрическом анализаторе ChemWell 2910. В периферической крови измеряли содержание гемоглобина, количество эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, уровень гематокрита и лейкограмму с дифференцировкой по 5 компонентам на автоматическом гематологическом анализаторе «Element HT5®».

В результате проведенных исследований установлено, что альбумин черный пищевой является малотоксичным соединением при различных путях поступления в организм. При поступлении внутрь  $DL_{50} > 5000$  мг/кг для мышей-самцов, мышей-самок и крыс-самцов (4 класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76). По классификации OECD при введении в желудок и внутрибрюшинно ( $DL_{50} > 1500$  мг/кг) — относительно безвредное вещество, 6 класс токсичности. Альбумин черный пищевой не оказывал местного раздражающего действия на слизистые оболочки глаза и кожные покровы кроликов, а также кожно-резорбтивного и кумулятивного действия; не выявлено сенсибилизирующее действие, изученное на морских свинках с постановкой РСЛЛ.

Для определения  $Lim_{ac}$  аэрозоля альбумина черного пищевого были испытаны 3 концентрации:  $3,5 \pm 0,8$  мг/м<sup>3</sup>;  $13,4 \pm 3,1$  мг/м<sup>3</sup> и  $54,5 \pm 12,1$  мг/м<sup>3</sup>. У крыс оценивали функциональное состояние нервной, дыхательной, сердечно-сосудистой систем, печени, почек и состав периферической крови. Показано, что аэрозоль альбумина черного пищевого при ингаляции в максимальной изученной концентрации  $54,5$  мг/м<sup>3</sup> оказывал влияние на функциональное состояние нервной системы, печени и почек. В тесте «открытое поле» зарегистрировано снижение вертикальной подвижности (число стоек) (опыт:  $4,1 \pm 0,9$ , контроль:  $7,8 \pm 1,2$ ;  $p < 0,05$ ), в тесте «ТКСО» — уменьшение количества выглядываний (опыт:  $12,0 \pm 1,6$ , контроль:  $15,8 \pm 0,7$ ;  $p < 0,05$ ). В сыворотке крови отмечено увеличение уровня общего билирубина, а также снижение активности АСТ и АЛТ (таблица 1).

Таблица 1 — Биохимические показатели сыворотки крови крыс после однократной ингаляции аэрозоля альбумина черного пищевого в различных концентрациях,  $M \pm m$  ( $n = 8$ )

Показатели	Контроль	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>		
		3,5 ± 0,8	13,4 ± 3,1	54,5 ± 12,1
АЛТ, Е/л	56,2 ± 2,2	55,8 ± 2,7	54,9 ± 3,4	49,3 ± 2,3*
АСТ, Е/л	226,8 ± 6,7	221,7 ± 5,9	201,4 ± 8,4*	196,5 ± 4,4**
ЩФ, Е/л	199,0 ± 21,0	201,4 ± 23,7	266,2 ± 39,1	249,6 ± 28,2
Глюкоза, мМ/л	4,7 ± 0,3	4,8 ± 0,4	4,9 ± 0,5	4,8 ± 0,3
Общий белок, г/л	75,1 ± 2,2	75,0 ± 2,0	75,3 ± 1,6	75,5 ± 1,6
Альбумины, г/л	49,9 ± 0,6	51,3 ± 0,7	50,0 ± 0,9	50,8 ± 0,6
Холестерин, мМ/л	2,4 ± 0,1	2,4 ± 0,2	2,2 ± 0,1	2,4 ± 0,1
Триглицериды, мМ/л	1,3 ± 0,1	1,2 ± 0,2	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,1
Общий билирубин, мкмоль/л	7,8 ± 0,3	7,4 ± 0,3	8,1 ± 0,4	9,5 ± 0,4*

\*  $p < 0,05$ ;  
\*\*  $p < 0,01$ .

При изучении функции почек отмечено снижение суточного количества мочи, а также увеличение содержания в моче хлоридов, снижение уровня мочевины и клиренса мочевины (таблица 2), что свидетельствует об изменении фильтрационной функции почек, способности к осмотическому концентрированию и разведению.

Таблица 2 — Функциональное состояние почек крыс после однократной ингаляции аэрозоля альбумина черного пищевого в различных концентрациях,  $M \pm m$  ( $n = 8$ )

Показатели	Контроль	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>		
		3,5 ± 0,8	13,4 ± 3,1	54,5 ± 12,1
Диурез, мл	7,95 ± 0,65	7,67 ± 0,42	7,59 ± 0,77	6,34 ± 0,32*
Белок в моче, мг/л	2,33 ± 0,17	2,35 ± 0,21	2,34 ± 0,16	2,73 ± 0,24
Хлориды в моче, мМ/л	38,13 ± 1,92	40,53 ± 2,04	47,42 ± 2,73**	63,71 ± 3,90***
Мочевина в моче, мМ/л	528,4 ± 24,0	514,4 ± 32,5	491,0 ± 31,7	411,1 ± 43,8*
Мочевина в сыворотке крови, мМ/л	5,73 ± 0,22	5,75 ± 0,31	5,82 ± 0,32	6,04 ± 0,34
Клиренс мочевины, мл/мин	0,73 ± 0,08	0,69 ± 0,9	0,64 ± 0,14	0,43 ± 0,07**

\*  $p < 0,05$ ;  
\*\*  $p < 0,02$ ;  
\*\*\*  $p < 0,001$ .

После ингаляции аэрозоля альбумина черного пищевого в концентрации  $13,4$  мг/м<sup>3</sup> отмечено снижение активности АСТ в сыворотке крови и увеличение содержания хлоридов в моче (таблицы 1 и 2). Другие исследованные показатели: поведение в тесте «открытое поле», физиологические показатели (частота дыхания, частота сердечных сокращений, ректальная температура) и состав периферической крови в обеих вышеуказанных группах не отличались от контроля. Концентрация  $3,5$  мг/м<sup>3</sup> оказалась недействующей по всем испытанным показателям.

Таким образом, из представленных данных видно, что максимальная изученная концентрация альбумина черного пищевого  $54,5$  мг/м<sup>3</sup> является действующей, показано влияние на функцио-

нальное состояние нервной системы, печени и почек крыс. Воздействие вещества в средней концентрации  $13,4 \text{ мг/м}^3$  вызывало незначительные изменения показателей в сыворотке крови и в моче, что не позволяет считать ее  $\text{Lim}_{ac}$ . Для обоснования ОБУВ в качестве  $\text{Lim}_{ac}$  альбумина черного пищевого использована средняя логарифмическая величина между максимальной и средней концентрациями —  $27 \text{ мг/м}^3$ . Рекомендован ОБУВ аэрозоля альбумина черного пищевого в воздухе рабочей зоны  $1,0 \text{ мг/м}^3$ , метод определения — спектрофотометрический, диапазон измеряемых массовых концентраций —  $0,5\text{--}2,5 \text{ мг/м}^3$  при длине волны  $405 \text{ нм}$ .

## Литература

1. Железодефицит — реальная опасность / Г. И. Козинец [и др.] // Рус. Мед. Журн. — 2003. — № 8. — С. 464.
2. Коноваленко, О. В. Пути использования пищевой крови / О. В. Коноваленко, О. В. Копоть // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. науч. ст. по материалам XVII Международ. науч.-практ. конф., Гродно, 16 мая 2014 г. / Учреждение образования «Гродн. гос. аграр. ун-т». — Гродно, 2014. — [Вып.]: Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. — С. 72–75.
3. Усатюк, В. С. Гематоген: лекарственное средство, БАД или лакомство? / В. С. Усатюк // Актуальные проблемы гигиены и экологической медицины: сб. материалов V межвуз. студенч. заоч. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Гродно, 20 декабря 2019 г. / Учреждение образования «Гродн. гос. мед. ун-т»; редкол.: И. А. Наумов [и др.]. — Гродно, 2020. — С. 310–316.
4. A study of vehicles for dosing rodent whole embryo culture with non aqueous soluble compounds / K. A. Augustine-Rauch [et al.] // Reproductive Toxicology. — 2004. — Vol. 18, № 3. — P. 391–398.

Поступила 10.08.2023

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ КРОВИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕМОСОВМЕСТИМОСТИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ *IN VITRO*

Грынчак В. А., к. м. н., [grinchakva@gmail.com](mailto:grinchakva@gmail.com),  
Ляппо Л. Г., [lida\\_lappo@bk.ru](mailto:lida_lappo@bk.ru),  
Сычик С. И., к. м. н., доцент, [svkasul@mail.ru](mailto:svkasul@mail.ru),  
Лисовская Г. В., [ptiza-igl@mail.ru](mailto:ptiza-igl@mail.ru),  
Крыж Т. И., [tanya\\_koustousova@mail.ru](mailto:tanya_koustousova@mail.ru),  
Деменкова Т. В., [tvdem@list.ru](mailto:tvdem@list.ru)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Использование и совершенствование технологий производства медицинских изделий, применяемых в качестве носимых или имплантируемых изделий, обеспечивающих долгосрочное лечение сердечной, легочной и почечной недостаточности, приводят к необходимости проведения комплексного тестирования, которое оценивает потенциально возможные гематологические осложнения, вызванные медицинским изделием. Реакция компонентов крови на искусственный материал может в разной степени приводить к клеточным, а также к гуморальным ответам, которые в свою очередь, могут инициировать воспаление, активацию коагуляции/фибринолиз. Изучение гемосовместимости материалов медицинского назначения, контактирующих с кровью, является чрезвычайно важным аспектом при прогнозировании успешного функционирования изделия. Гемосовместимость — один из основных критериев, которые ограничивают клиническую применимость изделий, контактирующих с кровью. Изделия, прямо или опосредованно контактирующие с кровью, должны быть изучены по показателям гемосовместимости, чтобы снизить риск развития неблагоприятных последствий для пациентов [1, 2].

Международный стандарт ГОСТ ISO 10993-4:2020 «Оценка биологического действия медицинских изделий. Исследования изделий, взаимодействующих с кровью» дает рекомендации по проведению тестов на гемосовместимость с учетом категории оцениваемого изделия. Оценка должна проводиться по 5 критериям, основанным на первичных процессах: тромбоз, коагуляция, активация тромбоцитов, гематология и система комплемента. Одним из важных аспектов оценки

гемосовместимости медицинских изделий является состояние крови, контактирующей с медицинским изделием. Условия антикоагуляции и моделирования должны быть максимально приближены к клиническому применению, чтобы добиться репрезентативных результатов испытаний. Изделия должны быть протестированы с гепаринизированной цельной кровью в условиях циркуляции. Использование небольших объемов крови *in vitro* позволяет проводить параллельные испытания контрольных и стандартных образцов вместе с тестируемыми изделиями с одной и той же партией крови и в одно и то же время [3, 4].

При этом на первоначальном этапе для оценки гемосовместимости медицинских изделий необходимо определить максимальное время и температуру хранения крови до запуска в *in vitro* тест-систему искусственного кровотока.

Цель работы — установить условия хранения крови до запуска в динамическую *in vitro* тест-систему искусственного кровотока для оценки гемосовместимости медицинских изделий.

Для проведения экспериментального исследования было выбрано 10 активных белых кроликов обоих полов массой 4,1–4,3 кг, хорошо поедающих корм, с гладким и блестящим шерстным покровом, которых содержали на стандартном рационе в виварии республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены». Обращение с животными при подготовке и проведении экспериментов осуществляли в соответствии с основными этическими принципами надлежащей лабораторной практики [5]. Дизайн исследований был одобрен на заседании комиссии по биоэтике республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» № 2 от 29.03.2022.

Отбор цельной крови у кроликов осуществляли из краевой ушной вены. Для этого лабораторное животное фиксировали в естественном положении. На месте прокола выстригали шерстный покров ножницами, кожу протирали спирт-эфиром. Перед взятием крови вызывали дополнительную артериальную гиперемия уха, растирая его ватным тампоном. Основание уха немного пережимали. Краевую вену прокалывали иглой. Выступающую кровь собирали в шприцы, предварительно заполненные антикоагулянтом гепарином в дозе 1,5 МЕ/мл (Гепарин-Белмед, 5000 МЕ/мл, производства РУП «Белмедпрепараты»).

Перед началом эксперимента кровь лабораторных животных исследовалась на соответствие нормальным показателям на анализаторе гематологическом автоматическом Mythic 18, Orphee (Швейцария) и после этого отбиралась для дальнейшего проведения экспериментального исследования.

В эксперименте изучали влияние времени и температуры хранения гепаринизированной цельной крови на ее активацию. Для этого кровь кроликов, отобранная с минимальной задержкой, сравнивалась с кровью после 0,5; 1,0; 2,0; 2,5 и 3,0 часов хранения при комнатной температуре. В динамических условиях был изучен ряд показателей, таких как количество тромбоцитов (далее — PLT), средний объем тромбоцитов (далее — MPV), тромбоксан В2 (далее — В2), комплекс комплемента C5b-9 (далее — C5b-9), содержание гемоглобина (далее — HGB) и количество лейкоцитов (далее — WBC) методом проточной цитометрии на Mythic 18 и ИФА наборов производства ELISA Kit Elabscience (США). Для проведения иммуноферментного анализа цельную кровь предварительно центрифугировали, на протяжении 10 минут используя центрифугу медицинскую лабораторную «Armed»: 80-2S (Российская Федерация), задавая параметры в 3000 об/мин.

Результаты исследований обрабатывали методами вариационной статистики. Количественные параметры представлены в виде медианы (далее — Me) и межквартильного размаха (далее — [25%; 75 %]). При оценке различий между результатами опыта и показателями контроля использовали непараметрический U-критерий Манна — Уитни. Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез был принят  $p \leq 0,05$ .

Исследования выполнены в рамках ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг» на 2021–2025 годы подпрограмма «Безопасность среды обитания человека», задание 04.08. «Разработать метод оценки гемосовместимости *in vitro* изделий медицинского назначения на основе тест-модели искусственного кровотока» (номер государственной регистрации 20220371 от 28.03.2022).

Исходя из полученных данных, можно судить о влиянии времени и температуры хранения на состояние цельной крови, а именно на функцию тромбоцитов, активацию воспалительного процесса, коагуляцию и гемолиз до запуска ее в *in vitro* тест-систему искусственного кровотока (таблица 1).

Выявлен процесс инициации тромбообразования, о чем свидетельствует статистически значимое снижение уровней содержания гемоглобина на 8,4% и 18,9%, лейкоцитов на — 2,8% и 4,2% через 2,5 и 3,0 часа после забора крови соответственно. Установлено незначительное увеличение среднего объема тромбоцитов через 2 часа на 1,8%, через 2,5 и 3 часа — на 3,7% по отношению

Таблица 1 — Показатели гепаринизированной крови белых кроликов при различных условиях хранения, Ме [25%; 75%]

Показатель, единицы измерения	Время после забора крови, ч					
	0 (контроль)	0,5	1,0	2,0	2,5	3,0
PLT, 10 <sup>3</sup> /л	247 [106; 255]	155 [132; 201]	212 [204; 218]	245 [119; 262]	173 [138; 210]	167 [126; 207]
MPV, фл	5,4 [5,2; 5,5]	5,3 [5,3; 5,4]	5,4 [5,4; 5,4]	5,5 [5,4; 5,6]*	5,6 [5,5; 5,7]*	5,6 [5,5; 5,7]*
HGB, г/л	95 [94; 96]	95 [94; 96]	95 [94; 96]	95 [94; 96]	87 [86; 89]*	77 [75; 78]*
WBC, 10 <sup>3</sup> /л	7,1 [7,1; 7,2]	7,1 [7,1; 7,2]	7,1 [7,0; 7,1]	7,1 [7,1; 7,2]	6,9 [6,5; 7,0]*	6,8 [6,5; 6,9]*
B2, нг/мл	1,3 [1,2; 1,3]	1,3 [1,2; 1,3]	1,3 [1,2; 1,3]	1,3 [1,3; 1,4]	1,5 [1,4; 1,5]*	1,6 [1,5; 1,6]*
C5b-9, нг/мл	196 [195; 197]	197 [195; 199]	196 [195; 197]	195 [194; 196]	196 [195; 197]	197 [195; 199]
* Статистически значимые различия с контролем при $p < 0,05$ .						

к контрольной группе ( $p < 0,05$ ), однако этот показатель должен оцениваться строго в комплексе с другими показателями общего анализа крови и коагулограммы. Показатель комплекса компонента C5b-9, являющийся растворимым компонентом терминального комплекса комплемента, который создает поры в клеточной мембране, что приводит к гибели клеток через осмотический поток и в то же время является конечным продуктом одного из трех путей активации комплемента, статистически значимо не изменялся на протяжении всего эксперимента. Выявлено повышение содержания тромбоксана B2 на 15,4 % и 23,1 % через 2,5 и 3,0 часа после забора крови соответственно. Тромбоксан B2 является неактивным продуктом метаболизма тромбоксана A2 (эйкозаноид), который синтезируется тромбоцитами после их активации и участвует в процессе тромбообразования, активируя тромбоциты и участвуя в их агрегации, за счет изменения концентрации внутриклеточного кальция.

Таким образом, экспериментально установленные данные об условиях хранения крови до запуска в динамическую *in vitro* тест-систему искусственного кровотока для оценки гемосовместимости медицинских изделий свидетельствуют, что оптимальный диапазон времени от момента забора крови до запуска ее в *in vitro* тест-систему не должен превышать 2 часов при комнатной температуре.

## Литература

1. Hemocompatibility Testing of Blood-Contacting Implants in a Flow Loop Model Mimicking Human Blood Flow / A. Link [et al.] // J. Vis. Exp. — 2020. — Vol. 157. — P. e60610.
2. Blok, L. J. S. In vitro hemocompatibility testing: the importance of fresh blood / L. J. S. Blok, G. E. Engels, W. van Oeveren // Biointerphases. — 2016. — Vol. 11. — P. 029802.
3. Современные подходы к оценке гигиенической безопасности изделий медицинского назначения / В. А. Грынчак [и др.] // Сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. «Здоровье и окружающая среда», Минск, 19–20 нояб. 2020 г. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С. И. Сычик. — Минск: Изд. центр БГУ, 2021. — С. 498–499.
4. Ланно, Л. Г. Экспериментальное моделирование замкнутых *in vitro* тест-систем для оценки гемосовместимости медицинских изделий / Л. Г. Лаппо, С. И. Сычик, В. А. Грынчак // Сборник материалов междунар. науч.-практ. конф. «Здоровье и окружающая среда», посвящ. 95-летию республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены», Минск, 24–25 нояб. 2022 г. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; под общ. ред. А. А. Тарасенко. — Минск: Изд. центр БГУ, 2022. — С. 483–484.
5. Надлежащая лабораторная практика: ТКП 125–2008(02040). — Введ. 01.05.2008. — Минск: РУП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении», 2008. — 40 с.

Поступила 05.09.2023

## СУБХРОНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОДУКТА КЛАССА СУЛЬФОНИЛМОЧЕВИН

Епишина Т. М., д. б. н., epishina@fferisman.ru

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Технические продукты, входящие в состав пестицидов, рекомендуемых к применению в сельском хозяйстве, должны пройти всестороннее санитарно-токсикологическое исследование, что является основой для предотвращения неблагоприятного их влияния на здоровье работающих и населения, а также на санитарное состояние окружающей среды. Сульфонилмочевин — класс системных гербицидов широкого спектра действия. Эти препараты обладают высокой биологической активностью, высокой избирательностью, длительное действие и устойчивость в биологических средах обуславливают их широкую распространенность. Сульфонилмочевин относятся к селективным наземным гербицидам гормонального типа, подавляют образование аминокислот изолейцина и валина, нарушая митоз и получение веществ, которые необходимы для биосинтеза ДНК. Это тормозит деление клеток и подавляет рост сорняков. Сорняки погибают через 2–3 недели после опрыскивания. Высокая гербицидная активность сульфонилмочевин и выраженная избирательность позволяют их применять на посевах зерновых культур (ячмень, пшеница), а также риса, кукурузы, рапса, сахарной свеклы и сои [1–3].

Целью исследования являлось изучение характера биологического действия нового технического продукта класса сульфонилмочевин на организм лабораторных животных (крысы) в субхроническом (3-месячном) эксперименте, определение действующих и недействующих доз. Данные о характере биологического действия нового технического продукта класса сульфонилмочевин отсутствуют.

Исследования проводились в испытательной биологической лаборатории (виварии) ФБУН «ФНЦГ им. Ф. Ф. Эрисмана» в соответствии с руководством (Р1.2.3156-13) [4]. В эксперименте использованы крысы (самцы), полученные из питомника Филиала «Андреевка» ФГБУН «НЦБМТ». Для установления острой пероральной токсичности (далее —  $LD_{50}$ ) образец технического продукта с помощью металлического зонда однократно вводили в желудок крысам-самцам массой тела 200–220 г, предварительно голодавшим не менее 2 часов. Статистические группы включали по 6 животных. Испытаны дозы: 3000 и 5000 мг/кг. Проводилось наблюдение за поведением и состоянием животных, регистрировали сроки их гибели в течение 14 суток.

Субхронический эксперимент проводили на крысах-самцах с массой тела в начале исследования 200–220 г. Технический продукт вводили перорально в дозах: 0; 1/2500; 1/250 и 1/25 от  $LD_{50}$  (1-я контрольная и 3 опытные группы по 10 особей в каждой). Контрольным животным вводили дистиллированную воду без технического продукта в эквивалентном объеме.

В динамике опыта фиксировали сроки гибели животных, каждую неделю определяли массу тела, через 1 и 3 месяца регистрировали изменения физиологических, биохимических и гематологических показателей. Состояние нервной системы оценивалось по способности животных суммировать подпороговые импульсы (суммационно-пороговый показатель — СПП) и на основании показателей поведенческих реакций.

Исследование поведенческих реакций (общая активность, длина пути, время отдыха, норковый рефлекс, ориентировочная реакция) проводили на совмещенной установке «открытого поля» и «открытой площадки» с автоматической регистрацией поведения крыс (прибор ОРТО-МАКС «COLUMBUS Instumehts», США).

Гематологические исследования выполнялись на автоматическом гематологическом анализаторе «CELL-DYN-3700» (США).

Определяли следующие показатели: концентрацию лейкоцитов (содержание в процентах лимфоцитов, нейтрофилов, моноцитов, эозинофилов и базофилов), эритроцитов, тромбоцитов, гемоглобина, гематокрит, средний объем эритроцита, среднее содержание гемоглобина в эритроците, среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците.

Биохимические исследования выполняли на автоматическом биохимическом анализаторе «EOS Bravo Forte» фирмы «HOSPITEX DIAGNOSTICS S.A.» (Италия) с использованием диагностических наборов реактивов производства «HOSPITEX DIAGNOSTICS s. r. l.» (Италия). Определяли следующие показатели: АЛТ, АСТ, альбумин, общий белок, мочевую кислоту, мочевины, глюкозу, щелочную

фосфатазу, триглицериды, холестерин, лактатдегидрогеназу (далее — ЛДГ), холинэстеразу, амилазу, хлориды.

По окончании эксперимента проводили эвтаназию животных в CO<sub>2</sub> боксе АЕ 0904, вскрытие с макроскопическим исследованием внутренних органов и определением их абсолютной и относительной массы.

Проведенные исследования обработаны статистически общепринятыми методами с использованием t-критерия Стьюдента в программе Microsoft Excel.

В результате определения параметров острой пероральной токсичности (ЛД<sub>50</sub>) при введении животным технического продукта в дозах 3000 и 5000 мг/кг клиническая картина интоксикации характеризовалась внешним кратковременным возбуждением животных, сменяющимся угнетенным состоянием и потерей аппетита в течение первых суток исследования. В последующие сроки наблюдения (в течение 14 суток) поведение опытных животных ничем не отличалось от поведения контрольных животных. Гибель животных не зарегистрирована. Доза 5000 мг/кг — максимально переносимая, абсолютно смертельная доза не достигнута.

Следовательно, ЛД<sub>50</sub> при пероральном введении для лабораторных животных (крысы) составила > 5000 мг/кг.

За время проведения 3-месячного субхронического эксперимента гибели животных в контрольной и опытных группах не зарегистрировано.

Анализ динамики прироста массы тела не выявил статистически достоверных изменений у животных опытных групп по сравнению с контрольными животными.

Оценка состояния центральной нервной системы по СПП выявила у опытных животных в высшей дозе статистически достоверное его увеличение через 1 месяц воздействия. В динамике изучения поведенческих реакций зарегистрировано статистически достоверное снижение показателя длины пути и повышение показателя «время отдыха» через 3 месяца воздействия технического продукта у животных, получавших препарат в высшей дозе (1/25 от ЛД<sub>50</sub>).

У животных опытной группы, получавших технический продукт в дозах 1/2500 и 1/250 от ЛД<sub>50</sub>, во все сроки исследования не выявлено статистически достоверных изменений по всем изученным гематологическим и биохимическим показателям (по сравнению с контрольными животными). Статистически достоверные изменения по данным показателям выявлены у животных опытной группы при многократном пероральном введении технического продукта в высшей дозе (1/25 от ЛД<sub>50</sub>), а именно: в сыворотке крови повышение содержания мочевой кислоты и снижение содержания хлоридов через 1 месяц, снижение активности ЛДГ через 3 месяца; в крови повышение содержания лейкоцитов и снижение средней концентрации гемоглобина в эритроците через 3 месяца.

По окончании эксперимента проведена эвтаназия животных в CO<sub>2</sub> боксе с последующим определением абсолютной массы внутренних органов и их весовых коэффициентов. В результате анализа данных показателей не выявлено статистически достоверных изменений абсолютной и относительной массы внутренних органов у опытных животных по сравнению с контрольными.

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что новый технический продукт обладает политропным действием на организм лабораторных животных (крысы) в дозе 1/25 от ЛД<sub>50</sub>. Длительное многократное введение изучаемого технического продукта в организм опытных животных в дозах 1/2500 и 1/250 от ЛД<sub>50</sub> не вызвало статистически достоверных изменений по всем изученным показателям.

Следовательно, доза 1/250 от ЛД<sub>50</sub> может быть принята в качестве недействующей, а доза 1/25 от ЛД<sub>50</sub> — в качестве действующей.

Проведенные исследования подтвердили, что новый технический продукт из класса сульфонилмочевин по токсикологическим параметрам не имеет существенных различий с соответствующими опубликованными данными о химических продуктах данного класса [5].

Исследования по определению параметров острой пероральной токсичности (ЛД<sub>50</sub>) показали, что изученный технический продукт в соответствии с гигиенической классификацией пестицидов по степени опасности (МР № 1.2.0235-21) по острой пероральной токсичности относится к малоопасным соединениям — ЛД<sub>50</sub> для крыс-самцов составила > 5000 мг/кг (4 класс опасности) [5].

При оценке биологического действия изучаемого технического продукта установлено, что доза 1/250 от ЛД<sub>50</sub> может быть принята в качестве недействующей, а доза 1/25 от ЛД<sub>50</sub> — в качестве действующей.

Проведенные санитарно-токсикологические исследования свидетельствуют о необходимости оценки токсичности новых технических продуктов на организм млекопитающих с целью повышения надежности разрабатываемых гигиенических нормативов в объектах окружающей среды и продуктах питания.



## Литература

1. Основы обеспечения безопасного применения пестицидов / В. Н. Ракитский [и др.] // Здравоохранение Российской Федерации. — 2020. — Т. 64, № 1. — С. 45–50.
2. Ракитский, В. Н. Проблемы современной гигиены / В. Н. Ракитский // Гигиена и санитария. — 2015. — Т. 94, № 4. — С. 4–7.
3. Ракитский, В. Н. Оценка риска для работающих как основа безопасного применения пестицидов в сельском хозяйстве / В. Н. Ракитский, А. В. Ильницкая, И. В. Березняк // Материалы IX Всерос. форума «Здоровье нации — основа процветания России», Москва, 09–11 апреля 2015 г. — М., 2015. — С. 496–501.
4. Оценка токсичности и опасности химических веществ и их смесей для здоровья человека: 1.2 Гигиена, токсикология, санитария: руководство Р 1.2.3156–13 / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; разработ. А. Ю. Попова [и др.]. — М.: Роспотребнадзор, 2014. — 638 с.
5. The Pesticide Manual: A World Compendium / ed.: J. A. Turner [et al.]. — 18th ed. — UK: British Crop Production Council, 2018. — 1408 p.
6. Гигиеническая классификация пестицидов и агрохимикатов по степени опасности: МР № 1.2.0235–21. — М., 2021. — 13 с.

Поступила 06.09.2023

## К ВОПРОСУ О НАКОПИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВАХ НОВОГО ПЕСТИЦИДА В ОРГАНИЗМЕ КРЫС

Епишина Т. М., д. б. н., [epishinatm@fferisman.ru](mailto:epishinatm@fferisman.ru),  
Чхвиркия Е. Г., д. м. н., профессор, [chkhvirkiyaeg@fferisman.ru](mailto:chkhvirkiyaeg@fferisman.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Изучение воздействия ксенобиотиков на организм теплокровных является актуальным и существенным разделом токсиколого-гигиенической оценки химических соединений [1]. В нашем эксперименте проведены санитарно-токсикологические исследования по изучению кумулятивного действия нового пестицида на организм лабораторных животных (крысы).

Кумуляция — накопление биологически активного вещества и вызываемых им эффектов при повторных воздействиях на организм.

Отсутствие данных о накопительных свойствах нового препарата (550 г/л 2,4-Д кислоты в виде малолетучих эфиров С7–С9 + 7,4 г/л флорасулама) определило необходимость проведения санитарно-токсикологических исследований.

Изучены параметры острой пероральной токсичности препарата и его кумулятивный эффект.

Исследования проводились в биологической испытательной лаборатории (виварий) ФБУН «ФНЦГ им. Ф. Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора и выполнялись в соответствии с имеющимися методическими подходами и рекомендациями [2–4]. В эксперименте использованы лабораторные животные (крысы), полученные из питомника Филиала «Андреевка» ФГБУН «НЦБМТ». Работа с животными проводилась согласно протоколам, изложенным в международных рекомендациях, в соответствии с этическими нормами и принципами, изложенными в Директиве 2010/63/EU Европейского Парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 г. по охране животных, используемых в научных целях.

В острых опытах использованы беспородные половозрелые белые крысы-самцы с массой тела 210–225 г. Статистические группы включали по 6 животных. Препарат в нативном виде вводили утром, натощак, внутрижелудочно с помощью металлического зонда. Были испытаны дозы от 1000 до 5000 мг/кг.

Животные содержались в условиях вивария на брикетированном корме. Проводилось наблюдение за клинической картиной интоксикации и гибелью животных в течение 14 дней после воздействия препарата.

Оценку кумулятивного эффекта препарата проводили по методу Ю. С. Кагана и В. В. Станкевича [4] на 20 (10 опытных + 10 контрольных) половозрелых беспородных белых крысах-самцах массой

тела 210–225 г. Подопытным животным вводили препарат в дозе 263 мг/кг м. т. ( $1/10$  LD<sub>50</sub>) 5 раз в неделю в течение 2 месяцев. Контрольным животным вводили воду в эквивалентном объеме.

Проводили наблюдение за внешним видом, общим состоянием и поведением животных, сроками гибели и клинической картиной интоксикации, определяли массу тела, регистрировали изменения физиологических, биохимических и гематологических показателей.

Состояние нервной системы оценивалось по суммационно-пороговому показателю на анализаторе «Ласт-1» (Россия).

Биохимические исследования выполняли на автоматическом биохимическом анализаторе «EOS Bravo Forte» фирмы «HOSPITEX DIAGNOSTICS S.A.» (Италия) с использованием диагностических наборов реактивов производства «HOSPITEX DIAGNOSTICS s. r. l.» (Италия).

Определяли следующие показатели: общий белок; ферменты: аланинаминотрансферазу, аспаратаминотрансферазу и щелочную фосфатазу.

Гематологические исследования выполняли на многопараметровом автоматизированном гематологическом анализаторе «CELL-DYN-3700» (США).

Определяли следующие показатели: концентрацию лейкоцитов, эритроцитов, гемоглобина; гематокрита; средний объем эритроцита; среднее содержание гемоглобина в эритроците; среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците; концентрацию тромбоцитов.

По окончании эксперимента проводили эвтаназию животных в CO<sub>2</sub> боксе АЕ 0904 и вскрытие с макроскопическим исследованием внутренних органов и определением их абсолютной и относительной массы.

Результаты проведенных исследований обработаны статистически общепринятыми методами с использованием t-критерия Стьюдента в программе Microsoft Excel.

Для определения среднесмертельной дозы препарат вводили в желудок крысам-самцам в дозах 1000, 2000, 3000 и 5000 мг/кг. Клинические проявления острой интоксикации при введении доз 2000, 3000 и 5000 мг/кг характеризовались внешним беспокойным поведением животных: они встряхивали головами, умывались, «рыли норки». Эти симптомы наблюдались в течение 15–20 минут после введения препарата. Далее у животных отмечены нарушение координации движений, неустойчивая шаткая походка, адинамия, тремор, судороги.

Гибель животных происходила на 1, 2, 3 и 4-е сутки после введения препарата. Доза 1000 мг/кг — максимально переносимая; доза 5000 мг/кг — абсолютно смертельная.

У погибших животных при макроскопическом обследовании зарегистрирована сходная картина: резкое полнокровие печени, вздутие желудка и кишечника, энтероколит, сосуды кишечника и желудка инъецированы. Среднесмертельная доза (LD<sub>50</sub>) перорально для крыс-самцов составила 2629 ± 490 мг/кг, LD<sub>84</sub>–3831 мг/кг, LD<sub>16</sub>–1426 мг/кг [5].

Следовательно, на основании полученных данных (LD<sub>50</sub>) перорально для крыс-самцов составила 2629 ± 490 мг/кг.

При изучении кумулятивного эффекта клиническая картина интоксикации препаратом характеризовалась возбуждением животных в течение 15–20 минут после введения препарата: они бегали по стенкам и потолку клетки, «рыли норки». После месяца воздействия препарата внешний вид опытных животных стал неопрятным, они были малоподвижны, больше спали, плохо поедали корм.

За время проведения эксперимента из 10 крыс-самцов, взятых в опыт, погибло одно животное на 8-й неделе введения препарата, величина полученной дозы составила 10 783 мг/кг. Коэффициент кумуляции более 5, что свидетельствует о слабо кумулятивном действии препарата по критерию «гибели животных».

Анализ по оценке динамики массы тела показал статистически достоверное снижение массы тела у опытных крыс-самцов начиная с 4-й недели воздействия препарата до конца исследований по сравнению с контрольными животными.

Определение суммационно-порогового показателя в динамике опыта выявило статистически достоверное его снижение в 4 и 6 недель от начала исследования, что может свидетельствовать о преобладании процессов возбуждения в ЦНС.

Гематологические показатели в крови определяли через 1 и 2 месяца от начала воздействия препарата. Анализ данных свидетельствует, что через 1 месяц воздействия препарат вызывает статистически достоверное снижение концентрации эритроцитов, гемоглобина, гематокрита; через 2 месяца — статистически достоверное снижение концентрации эритроцитов, гемоглобина и увеличение концентрации тромбоцитов в крови опытных животных по сравнению с контрольными.

При оценке влияния химических веществ на организм большое значение имеют исследования изменений биохимических показателей, характеризующих обменные процессы в организме. Анализ полученных данных показал, что при исследовании биохимических показателей сыворотки крови

через 1 месяц воздействия препарата отмечено статистически достоверное увеличение активности щелочной фосфатазы; через 2 месяца воздействия — статистически достоверное снижение активности аланинаминотрансферазы, аспартатаминотрансферазы и щелочной фосфатазы.

Анализ результатов определения абсолютной и относительной массы внутренних органов показал статистически достоверное увеличение абсолютной и относительной массы печени и почек у опытных животных по сравнению с контрольными.

В результате проведенных исследований установлено, что согласно «Гигиенической классификации пестицидов и агрохимикатов по степени опасности» (МР № 1.2.0235-21) препарат по острой пероральной токсичности LD<sub>50</sub> и кумулятивному действию (по критерию гибели животных) относится к малоопасным соединениям (4 класс опасности). Результаты проведенных исследований будут использованы для решения вопроса о возможности государственной регистрации нового пестицидного препарата на территории Российской Федерации.

## Литература

1. Основы обеспечения безопасного применения пестицидов / В. Н. Ракитский [и др.] // Здоровоохранение Российской Федерации. — 2020. — Т. 64, № 1. — С. 45–50.

2. Оценка токсичности и опасности химических веществ и их смесей для здоровья человека: 1.2 Гигиена, токсикология, санитария: руководство Р 1.2.3156–13 / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; разработ. А. Ю. Попова [и др.]. — М.: Роспотребнадзор, 2014. — 638 с.

3. Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов / ВНИИ гигиены и токсикологии пестицидов, полимеров и пласт. Масс; сост. Е. А. Антонович [и др.]. — 3-е изд., перераб. и доп. — Киев, 1988. — с. 208.

4. Каган, Ю. С. Кумуляция, критерии и методы ее оценки, прогнозирование хронической интоксикации // Принципы и методы установления предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе производственных помещений. — М.: Медицина, 1970. — С. 49–65.

5. Прозоровский, В. Б. Использование метода наименьших квадратов для пробит-анализа кривых летальности / В. Б. Прозоровский // Фармакология и токсикология. — 1962. — № 1. — С. 111–119.

Поступила 21.09.2023

## ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ РАБОТАЮЩИХ ПРИ ДЕРМАЛЬНОМ ПОСТУПЛЕНИИ ПЕСТИЦИДОВ

Заволокина Н. Г., [zavolokina.ng@fncg.ru](mailto:zavolokina.ng@fncg.ru),

Березняк И. В., д. м. н., профессор, [bereznyak.iv@fncg.ru](mailto:bereznyak.iv@fncg.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Поступление химических веществ, в том числе пестицидов, через кожу трудно поддается количественной оценке. Даже испытывая проблемы со здоровьем после многолетнего профессионального контакта с вредными веществами, люди не связывают эти факторы между собой. Между тем результаты исследований ФБУН «ФНЦГ им. Ф. Ф. Эрисмана» по гигиенической оценке условий труда при различных технологиях применения пестицидов подтверждают превалирующий характер кожного пути воздействия на работающего человека. Поступление химических веществ через неповрежденную кожу может происходить различными путями: непосредственно через эпидермис, через волосяные фолликулы и сальные железы, через устья выводных протоков потовых желез.

Способность проникновения пестицидов через кожу неоднократно изучалась как на животных *in vivo*, так и на образцах кожи животных или человека *in vitro*. Исследованиями установлено, что результаты экспериментов *in vitro* (особенно с использованием кожи свиньи) имеют хорошую корреляцию с исследованиями человека *in vivo* и более предсказуемы из-за возможности повторения эксперимента с образцами тканей одного и того же субъекта [1–3].

Поглощение химического вещества, нанесенного на кожу, представляет собой процесс пассивной диффузии, причем скорость абсорбции зависит от липофильности действующего вещества

пестицида, наличия поверхностно-активных веществ в препарате и целостности кожного барьера [4]. Проникновение веществ через кожу в большинстве случаев происходит по закону Фика:

$$J_s = K_p \times \Delta C_s, \quad (1)$$

где  $J_s$  — поступление (приток) вещества;

$K_p$  — коэффициент проницаемости вещества через мембрану;

$\Delta C_s$  — разность концентраций по сторонам мембраны.

Коэффициент проницаемости вещества прямо пропорционален его липофильности. Жирорастворимое соединение легко проникает через роговой слой, но скорость его проникновения уменьшается по мере достижения гидрофильного эпидермиса. Диффузия вещества замедляется, и оно временно откладывается в коже. Труднее всего поглощаются водные растворы электролитов, а легче всего через кожный барьер проникают вещества, растворимые как в липофильном слое, так и в водных структурах, имеющие малый размер молекул. Вещества, молекулы которых имеют размеры более 20–30 нм, не проникают через неповрежденный эпидермис [5].

Эксперименты показывают, что абсорбция химических веществ, попавших на кожу, продолжается до 24 часов после окончания воздействия. Кожа может выступать в качестве депо из-за физико-химических свойств некоторых соединений. Химическое вещество может откладываться в эпидермисе, задерживая токсический эффект, что приведет к недооценке истинной абсорбции, если ее оценивать в крови или моче сразу после воздействия. При этом скорость всасывания химического вещества через кожу разных частей тела будет существенно различаться. Например, в опытах с нанесением гидрокортизона в течение суток через кожу головы проникло в 3,5 раза, а через кожу лба — в 6 раз больше вещества, чем через предплечье (Feldmann & Maibach, 1967).

На барьерную функцию кожи влияет, как правило, негативно множество факторов, ведущими из которых являются химические. Спирты, растворители, различные моющие средства высушивают роговой слой кожи, увеличивая его проницаемость [3]. Такое же действие оказывают физические факторы, такие как температура, влажность, солнечный свет и ветер. Большое значение имеет возрастной фактор, связанный со снижением содержания в коже липидов. Различные повреждения кожи, как механические, так и вследствие заболевания, приводят к общему увеличению скорости проникновения химических веществ через кожу, особенно гидрофильных, что немаловажно для работающих с пестицидами, имеющих хронические дерматологические заболевания.

Использование средств защиты кожи рук снижает скорость дермального поглощения пестицидов, при этом большое значение имеет материал изготовления перчаток. В зависимости от его качественного состава диапазон времени проникновения составляет от 15 минут до более чем 24 часов. Поскольку способность пестицидов различных групп накапливаться и проникать через перчатки существенно различается, универсального материала для средств защиты кожи рук не существует. Перчатки из латекса, нитрила, ПВХ, неопрена, полиэтилена, каучука и др. имеют избирательное защитное действие. Например, латекс, даже при кратковременном воздействии (до 2 часов) низких концентраций пестицидов, обеспечивает меньшую защиту по сравнению с нитрилом. При работе с высокими концентрациями пестицида, например, во время приготовления рабочих растворов или заправке баков опрыскивателей, химические вещества начинают накапливаться в перчатках из любых материалов. Повторное использование перчаток в любом случае недопустимо, а длительное (более 2 часов) их ношение обеспечивает тесный контакт работающего с опасным веществом, превращая средство защиты в окклюзионную повязку. При этом проницаемость кожи многократно увеличивается вследствие значительного повышения ее температуры и гидратации [3].

Как следует из вышесказанного, корректно рассчитать дозу даже одного действующего вещества, поступающего через кожу при контакте с пестицидным препаратом, практически невозможно. Реально же применяемые в сельском хозяйстве пестициды представляют собой смешанные продукты, которые помимо нескольких активных веществ содержат различные растворители, прилипатели, стабилизаторы или поверхностно-активные вещества, также требующие оценки токсичности и взаимного влияния на абсорбцию. Исследования проницаемости комбинаций различных пестицидов показывают как увеличение, так и снижение скорости проникновения в зависимости от содержащихся в них действующих веществ. Существует несколько математических моделей прогнозирования дермального поглощения, созданных на основе баз данных о проникновении более 100 химических веществ. Наилучшие результаты демонстрирует модель Гая — Поттса, основанная на физико-химических свойствах соединений и полученная на основе экспериментальных данных [5]. Для химических веществ, об абсорбции которых отсутствует достоверная информация,

агентство ЕРА предложило решение использовать «наихудший сценарий», принимая значение абсорбции 100 %.

Наиболее информативные сведения о возможности кожно-резорбтивного действия любого вещества можно получить только экспериментальным путем в серии острых, подострых и хронических опытов. Установленная таким образом величина предельно допустимого уровня (далее — ПДУ) вещества на коже позволяет наиболее точно оценить риск дермального поступления. Сведения о ПДУ вредных веществ, в том числе пестицидов, на коже представлены в СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021. Однако количество ПДУ, установленных на коже, несопоставимо с количеством пестицидов, которые необходимо оценить с точки зрения опасности кожно-резорбтивного действия.

В рамках российской модели оценки риска воздействия пестицидов на работающих, согласно Методическим указаниям 1.2.3017–12 «Оценка риска воздействия пестицидов на работающих», риск дермального воздействия учитывает величину пороговой дозы кожного действия, установленной экспериментально или рассчитанной на основе показателя острой кожной токсичности (ЛД<sub>50</sub>, мг/кг), а кроме того, ряда коэффициентов: проницаемости кожи, остаточного коэффициента, а также коэффициента запаса, величина которого определяется классом опасности пестицида, сведениями о специфических и отдаленных эффектах, установленных в многочисленных стандартных экспериментах. Модель предусматривает данные натуральных исследований и хорошо зарекомендовала себя, несмотря на то что для большинства активных веществ коэффициент проницаемости усреднен и принимается равным 0,25, а идентификация опасности воздействия препарата на кожу осуществляется путем экстраполяции на него свойств действующего вещества. Для более корректных расчетов учитываются сведения, имеющиеся для разных активных веществ пестицидов о коэффициенте проницаемости, о направленности токсического действия, взаимном влиянии компонентов в составе одного препарата.

Принимая во внимание множество факторов, влияющих на кожную резорбцию, оценка риска воздействия каждого пестицидного препарата в рамках регистрационных испытаний изучается в натуральных исследованиях с применением каждой технологии, даже если действующие вещества, входящие в новый препарат, хорошо изучены.

## Литература

1. Further validation of an in vitro method to reduce the need for in vivo studies for measuring the absorption of chemicals through rat skin / R. C. Scott [et al.] // *Fundam. Appl. Toxicol.* — 1992. — Vol. 19, № 4. — P. 484–492.
2. The predictive accuracy of in vitro measurements for the dermal absorption of a lipophilic penetrant (fluazifop-butyl) through rat and human skin / J. D. Ramsey [et al.] // *Fundam. Appl. Toxicol.* — 1994. — Vol. 23, № 2. — P. 230–236.
3. *Wester, R. C.* Cutaneous pharmacokinetics: 10 steps to percutaneous absorption / R. C. Wester, H. I. Maibach // *Drug Metab. Rev.* — 1983. — Vol. 14, № 2. — P. 169–205.
4. *Nielsen, J. B.* In vitro percutaneous penetration of five pesticides—effects of molecular weight and solubility characteristics / J. B. Nielsen, F. Nielsen, J. A. Sorensen // *Ann. Occup. Hyg.* — 2004. — Vol. 48, № 8. — P. 697–705.
5. *Guy, R. H.* Transdermal drug delivery and cutaneous metabolism / R. H. Guy, J. Hadgraft, D. A. Bucks // *Xenobiotica.* — 1987. — Vol. 17, № 3. — P. 325–343.

Поступила 04.09.2023

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ СУБСТАНЦИЙ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ

*Земцова В. О., veto4ka1710@rambler.ru,  
Богданов Р. В., к. м. н., promptox@rspch.by,  
Шевляков В. В., д. м. н., профессор, shev-vitaliy@mail.ru,  
Эрм Г. И., к. б. н., erm-galina@mail.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Производство антибактериальных лекарственных средств (далее — АБЛС) может характеризоваться загрязнением воздуха рабочей зоны различными компонентами, входящими в состав лекарственных средств, и, как следствие, негативным действием на организм работающих при ингаляционном воздействии и попадании на кожные покровы.

Для производства, изготовления АБЛС используют активно действующие вещества — фармацевтические субстанции, полученные в результате микробиологического и/или химического синтеза. При ингаляционном и кожном воздействии фармацевтических субстанций на организм в зависимости от доз и длительности воздействия могут проявляться вредные эффекты, которые характеризуются общетоксическим и специфическим действием. Общетоксическое действие на организм АБЛС может проявляться избирательными эффектами: нефротоксическими, гепатотоксическими, гемотоксическими; специфическое действие АБЛС на организм проявляется нарушениями микрофлоры кишечника, иммунотоксическими и аллергическими реакциями.

Фармацевтические субстанции представляют собой активные химические вещества, которые в процессе производства лекарственных средств могут попадать в воздух рабочей зоны и влиять на качество производственной среды. Поэтому основным направлением профилактики их негативного воздействия на организм работающих является гигиеническое нормирование и контроль содержания в воздухе рабочей зоны.

Представленные в статье результаты исследований выполнены в рамках первого этапа задания 03.10 «Разработать метод гигиенического нормирования антибактериальных лекарственных средств в воздухе рабочей зоны» подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг».

Целью данного этапа исследования являлось изучение параметров острой токсичности фармацевтических субстанций антибактериальных лекарственных средств, раздражающего действия на кожу и слизистые оболочки глаз лабораторных животных в рамках их гигиенической регламентации.

Токсиколого-гигиенические исследования были проведены на современных представителях АБЛС, обладающих бактерицидным или бактериостатическим действием.

Фармацевтическая субстанция клиндамицина гидрохлорид (далее — КГ) используется при изготовлении лекарственного средства клиндамицин, являющегося полусинтетическим антибиотиком группы линкозамидов (рисунок 1), широко применяемым для лечения инфекций, вызванных штаммами анаэробных бактерий.

Фармацевтическая субстанция цефепима гидрохлорид (далее — ЦГ) — активно действующее вещество лекарственного средства цефепим — полусинтетическое цефалоспориновое антибактериальное средство для лечения инфекционно-воспалительных заболеваний.

Структурная формула цефепима гидрохлорида представлена на рисунке 2.

Изучение острой токсичности фармацевтических субстанций проводили при однократном внутрижелудочном и внутрибрюшинном пути введения. Методом пробит-анализа по Литчфилду и Уилкоксона в изложении М. Л. Беленького устанавливали количественные параметры острой токсичности (среднесмертельную дозу, а также дозы, вызывающие гибель 16 % и 84 % лабораторных животных).

Установление параметров острой токсичности проводилось в экспериментах на нелинейных белых крысах и белых нелинейных мышах, рандомизированных по полу и массе. Лабораторные животные перед экспериментами содержались на карантине в течение двух недель и на протяжении опытов находились на стандартном пищевом рационе и свободном выпашивании.

Экспериментальные исследования проводились с соблюдением этических норм в отношении лабораторных животных, принятых Европейской Конвенцией по защите позвоночных животных,

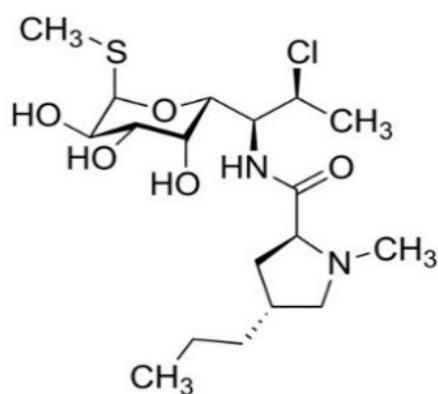


Рисунок 1 — Структурная формула фармацевтической субстанции клиндамицина гидрохлорид

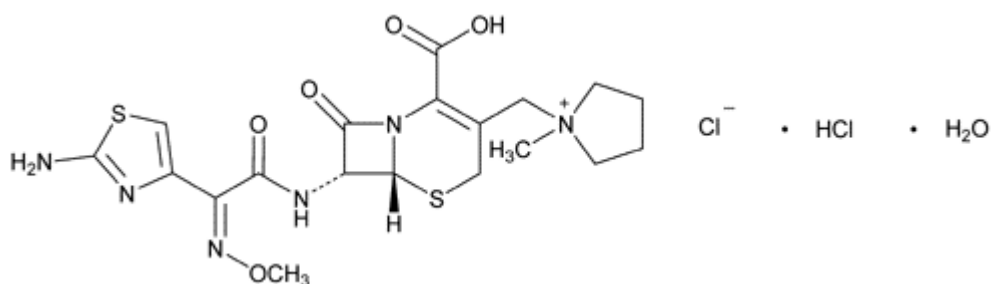


Рисунок 2 — Пространственная конфигурация цефепима гидрохлорида

используемых в исследовательских и иных научных целях (European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and other Scientific Purposes (ETS 123, Strasbourg, 1986)).

Фармацевтическую субстанцию КГ лабораторным животным вводили внутривенно в дозах 250, 500, 1000, 2000, 3500 и 5000 мг/кг, ЦГ — в диапазоне доз от 1000 мг/кг до 5000 мг/кг.

Для оценки острой токсичности при внутрибрюшинном введении фармацевтическая субстанция КГ вводилась опытным группам белых крыс в дозах 200, 400, 600, 800 и 1000 мг/кг, белым мышам — в диапазоне доз от 200 до 600 мг/кг.

При внутрибрюшинном введении фармацевтической субстанции ЦГ опытным группам белых крыс вводились дозы 100, 250, 500, 1000, 3000 мг/кг, белым мышам — дозы 250, 500, 1000, 2000 и 3000 мг/кг.

В течение последующих 14 суток после введения препаратов осуществляли наблюдение за подопытными животными с регистрацией симптомов клинической картины отравления: в первые сутки отмечали симптомы через 1 час, в последующие дни наблюдение проводили 1 раз в сутки. Регистрировали общее состояние и поведение животных, потребление корма и воды, клиническую картину интоксикации, характер симптомов интоксикации, количество погибших животных и сроки их гибели, макроскопические изменения со стороны внутренних органов.

Результаты исследования видовой чувствительности проводили на основании критериев, предложенных И. В. Саноцким и И. П. Улановой (1975), и устанавливали путем расчета коэффициента видовой чувствительности.

Изучение местно-раздражающего действия на кожу клиндамицина гидрохлорида и цефепима гидрохлорида проводили на белых беспородных крысах путем однократного нанесенедварительно выстриженные участки кожи стандартной дозы препаратов. Время экспозиции составляло 4 часа. Контролем служил противоположный участок кожи спины того же животного, на который наносили в том же объеме дистиллированную воду [1].

Наблюдение за проявлением симптомов интоксикации, состоянием кожных покровов и инструментальные исследования проводили через 1 час и 16 часов после аппликации и смыва остатков вещества. Выраженность эритемы оценивали визуально в баллах, величину отека кожи — измерением толщины кожной складки микрометром (мм), интенсивность отека в сравнении с контрольным значением оценивали в баллах.

Выявление ирритативного действия фармацевтических субстанций проводили на кроликах путем однократного внесения стандартной дозы нативных препаратов в нижний конъюнктивальный свод правого глаза каждого подопытного, в левый глаз (контроль) в том же объеме вводили дистиллированную воду [2].

Визуально оценивали состояние слизистой и конъюнктивы глаз животных на протяжении 24 часов, а также в течение последующих 14 дней. Регистрировали наличие или отсутствие, выраженность и длительность признаков раздражения слизистой оболочки (гиперемию конъюнктивы и роговицы, отек век, выделения из глаза).

*Оценка острой токсичности при однократном внутрижелудочном и внутрибрюшинном введении, а также раздражающего действия на кожу и слизистые оболочки глаз фармацевтической субстанции клиндамицина гидрохлорид*

Клиническая картина острого отравления КГ характеризовалась гиподинамией, заторможенностью, снижением реакции на внешние раздражители. Симптомы интоксикации проявлялись однотипно, вне зависимости от пути введения и вида экспериментальных животных. Большинство животных погибало на 2–4-е сутки после введения. На 5–8-е сутки наблюдения у большинства выживших в опытах животных внешние признаки интоксикации не обнаруживались. При патологоанатомическом вскрытии лабораторных животных, павших в ходе эксперимента и умерщвленных по окончании 14 суток наблюдения, визуально не обнаружено патологических изменений внутренних органов в сравнении с контрольной группой.

По результатам изучения острой токсичности фармацевтической субстанции КГ величина среднесмертельной дозы при введении в желудок для крыс составила  $2368,4 \pm 877,9$  мг/кг, для мышей —  $2692,3 \pm 1101,7$  мг/кг (таблица 1).

При внутрибрюшинном введении среднесмертельная доза фармацевтической субстанции составила для крыс  $670,4 \pm 160,3$  мг/кг, для мышей —  $351,3 \pm 47,1$  мг/кг.

В результате экспериментов острой токсичности на различных видах животных установлено, что видовая резистентность к фармацевтической субстанции КГ не выражена, о чем свидетельствуют коэффициенты видовой чувствительности при внутрижелудочном и внутрибрюшинном введении 1,14 и 1,91 соответственно.

Таблица 1 — Параметры острой токсичности фармацевтической субстанции клиндамицина гидрохлорид в острых опытах

Способ введения	Вид животного	Параметры острой токсичности, мг/кг			Коэффициент видовой чувствительности
		DL <sub>16</sub>	DL <sub>50</sub>	DL <sub>84</sub>	
Внутрижелудочно	Белые крысы	690,6	$2368,4 \pm 877,9$	3920,6	1,14
	Белые мыши	822,5	$2692,3 \pm 1101,7$	4052,5	
Внутрибрюшинно	Белые крысы	401,6	$670,4 \pm 160,3$	1054,4	1,91
	Белые мыши	220,8	$351,3 \pm 47,1$	384,0	

При визуальной оценке местно-раздражающего действия КГ на кожу через 1 час и 16 часов после завершения аппликаций при однократном нанесении исследуемой фармацевтической субстанции в стандартной дозе на выстриженные участки неповрежденной кожи белых крыс цвет, состояние и величины толщины кожных складок опытных участков кожи не отличались от таковых на контрольных участках (среднегрупповой суммарный балл выраженности отека и эритемы — 0).

Через 24 часа после инокуляции КГ в стандартной дозе в конъюнктивальный мешок глаз кроликов зарегистрированы незначительные выделения из глаз (1 балл) и инъектирование сосудов (1 балл), суммарная оценка — 2 балла.

*Оценка острой токсичности при однократном внутрижелудочном и внутрибрюшинном введении и раздражающего действия на кожу и слизистые оболочки глаз фармацевтической субстанции цефепима гидрохлорид*

Высокие токсические дозы исследуемой фармацевтической субстанции вызывали у животных атаксию, адинамию, часть животных погибала на 2–4-е сутки после введения препарата. Клиническая картина острого отравления ЦГ у крыс и у мышей проявлялась общей заторможенностью и гиподинамией. На 5–7-е сутки после введения препарата внешние признаки интоксикации у большинства выживших в опыте животных исчезали. Визуальное патологоанатомическое обследование



павших крыс и мышей не выявило видимой патологии внутренних органов. Макроскопический патологоанатомический осмотр животных, умерщвленных по окончании 14 суток наблюдения, не выявил каких-либо существенных различий в сравнении с контрольными животными.

Величина среднесмертельной дозы при введении в желудок фармацевтической субстанции ЦГ для крыс составила  $4805,1 \pm 1394,4$  мг/кг, для мышей —  $2109,2 \pm 456,3$  мг/кг. При внутрибрюшинном введении среднесмертельная доза фармацевтической субстанции составила для крыс  $633,1 \pm 163,7$  мг/кг, для мышей —  $1306,8 \pm 472,2$  мг/кг (таблица 2).

Таблица 2 — Параметры острой токсичности фармацевтической субстанции цефепима гидрохлорид в острых опытах

Способ введения	Вид животного	Параметры острой токсичности, мг/кг			Коэффициент видовой чувствительности
		DL <sub>16</sub>	DL <sub>50</sub>	DL <sub>84</sub>	
Внутрижелудочно	Белые крысы	2146,7	$4805,1 \pm 1394,4$	7586,6	2,27
	Белые мыши	886,0	$2109,2 \pm 456,3$	4152,0	
Внутрибрюшинно	Белые крысы	209,3	$633,1 \pm 163,7$	1762,7	2,06
	Белые мыши	905,6	$1306,8 \pm 472,2$	1896,6	

Визуальная оценка местно-раздражающих свойств ЦГ при однократной аппликации в стандартной дозе на выстриженные участки неповрежденной кожи белых крыс не выявила изменений в состоянии кожи опытных участков. Величины толщины кожных складок также не отличались от таковых на контрольных участках (суммарная оценка 0 баллов — отсутствие раздражающего действия).

Однократное внесение в глаза кроликов фармацевтической субстанции ЦГ в стандартной дозе вызывало только минимальные выделения из глаз (Ir = 1 балл).

На основании результатов экспериментальных исследований установлено:

— фармацевтическая субстанция клиндамицина гидрохлорид по величине среднесмертельной дозы при введении в желудок относится к умеренно опасным веществам (III класс опасности) согласно ГОСТ 12.1.007-76 и к практически нетоксичным веществам (V класс токсичности) по классификации, изложенной в ТКП 125-2008;

— фармацевтическая субстанция цефепима гидрохлорид по результатам токсикологических исследований по величине среднесмертельной дозы при введении в желудок относится к III классу опасности (умеренно опасные вещества) по ГОСТ 12.1.007-76 и к V классу токсичности по ТКП 125-2008 — практически нетоксичные вещества;

— среднесмертельная доза при внутрибрюшинном введении позволяет отнести фармацевтическую субстанцию клиндамицина гидрохлорид к практически нетоксичным веществам (V класс токсичности) для крыс и малотоксичным веществам (IV класс токсичности) для мышей в соответствии с ТКП 125-2008;

— при внутрибрюшинном введении среднесмертельная доза цефепима гидрохлорида позволяет классифицировать данную фармацевтическую субстанцию к практически нетоксичным веществам (V класс токсичности) для крыс и относительно безвредным веществам (VI класс токсичности) для мышей в соответствии с ТКП 125-2008;

— в острых экспериментах по изучению степени токсичности клиндамицина гидрохлорид и цефепима гидрохлорида видовой резистентность не выражена — I ранг КВЧ;

— результаты исследований по выраженности кожно-раздражающего действия изучаемых веществ на кожу при их однократном местном воздействии, выполненных в соответствии с Инструкцией 1.1.10-13-56-2005, установили, что фармацевтические субстанции КГ и ЦГ не обладают кожно-раздражающим действием в интегрированных условиях однократного воздействия на кожу и относятся к 0 классу;

— результаты выраженности раздражительного действия на слизистые оболочки глаз фармацевтических субстанций позволяют дифференцировать клиндамицина гидрохлорид ко II классу — умеренно раздражающее действие, цефепима гидрохлорид — к I классу — слабо раздражающее действие, согласно Инструкции 1.1.10-13-57-2005.

Полученные результаты использованы для разработки обязательных параметров токсикометрии антибактериальных лекарственных средств в острых экспериментах, необходимых для обоснования их гигиенических нормативов в воздухе рабочей зоны.

## Литература

1. Оценка воздействия вредных химических соединений на кожные покровы и обоснование предельно допустимых уровней загрязнений кожи: инструкция 1.1.10–13–56–2005 / М-во здравоохранения Респ. Беларусь. — Минск, 2005. — 23 с.
2. Постановка исследований по изучению раздражающих свойств и обоснованию предельно допустимых концентраций избирательно действующих раздражающих веществ в воздухе рабочей зоны: инструкция 1.1.10–13–57–2005 / М-во здравоохранения Респ. Беларусь. — Минск, 2005. — 16 с.
3. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности: ГОСТ 12.1.007–76. — Введ. 01.01.1977. — М.: Стандартиформ, 2007. — 6 с.
4. Надлежащая лабораторная практика: ТКП 125–2008 (02040). — Введ. 28.03.2008. — Минск, 2008. — 40 с.

Поступила 10.10.2023

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГА ХРОНИЧЕСКОГО ДИСБИОТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ АЗИТРОМИЦИНА ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОМ ПУТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ

*Зиновкина В. Ю., к. м. н., доцент, zinovkina@mail.ru,  
Земцова В. О., veto4ka1710@rambler.ru,  
Емельянова О. А., к. б. н., lee616@yandex.ru,  
Богданов Р. В., к. м. н., promtox@rcph.by,  
Василькевич В. М., к. м. н., sabas2004@mail.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Уже многие годы антибактериальные лекарственные средства широко применяются в различных областях, что привело к существенному ограничению распространения многих эпидемических заболеваний, снижению смертности, особенно детской, улучшению демографических показателей.

По мере внедрения в промышленное производство большого количества антибактериальных препаратов существенно увеличился контингент лиц, имеющих профессиональный контакт с ними, что обусловило необходимость токсикологического изучения и гигиенического нормирования данных лекарственных средств с целью предотвращения профессиональных и производственно обусловленных заболеваний у работников фармацевтической промышленности.

Для предотвращения риска развития производственно обусловленных заболеваний работников фармацевтической отрасли промышленности и разработки профилактических мероприятий проводятся токсиколого-гигиенические исследования для установления гигиенических нормативов лекарственных средств в воздухе рабочей зоны.

Ряд антибактериальных препаратов, производимых фармацевтической отраслью промышленности, не имеют установленных гигиенических нормативов. В частности, не установлена предельно допустимая концентрация (далее — ПДК) азитромицина в воздухе рабочей зоны, что обусловило актуальность настоящего исследования.

Антибактериальные лекарственные средства на основе фармацевтической субстанции азитромицин чрезвычайно востребованы для лечения большого спектра бактериальных инфекций легкой и средней степени тяжести. Производство препаратов азитромицина характеризуется высокими объемами.

При обосновании величины ПДК в воздухе рабочей зоны антибактериальных лекарственных средств в схему исследования при гигиеническом их нормировании входит изучение общетоксического, сенсibiliзирующего и антимикробного (дисбиотического) действия для выявления лимитирующего порогового значения, которое устанавливается в хроническом эксперименте [1].

С этой целью проведены лабораторные исследования по установлению порога хронического антимикробного (дисбиотического) действия фармацевтической субстанции азитромицин в условиях хронического ингаляционного воздействия субстанции.

Определение порога хронического антимикробного действия, который характеризует опасность развития дисбактериоза кишечника, проводили в хроническом эксперименте на белых крысах-самцах

в 4 экспериментальных группах (по 6 животных в каждой группе) в условиях ежедневного ингаляционного поступления 30%-го спиртового раствора азитромицина методом интраназального введения при 4-месячном воздействии по 5 раз в неделю в концентрациях: 1 мг/м<sup>3</sup> (I группа животных), 5,5 мг/м<sup>3</sup> (II группа животных), 27,5 мг/м<sup>3</sup> (III группа животных). Контрольной группе животных в эквивалентных дозах вводили растворитель. Бактериологические исследования проводили в динамике: до затравки (фон), на 2-й и 4-й неделях затравочного периода и через 1 месяц после окончания затравки (восстановительный период). По окончании затравки и восстановительного периода определяли коэффициент массы слепой кишки (отношение массы слепой кишки к массе тела животного в процентном отношении).

Для проведения микробиологических исследований [1, 2] производили отбор фекалий от животных в стерильные пластиковые пробирки. Отобранные фекалии взвешивали, разводили в стерильном физиологическом растворе (0,85%-й раствор хлорида натрия) в соотношении 1 : 10 и гомогенизировали. Из полученной взвеси готовили ряд последующих десятикратных разведений материала в физиологическом растворе 10<sup>-10</sup>. Из приготовленных разведений делали дозированные посеы на питательные среды для культивирования различных групп микроорганизмов. На плотные среды в чашках Петри наносили 0,1 мл взвеси из соответствующих разведений. В жидкие, полужидкие и плотные среды вносили по 1 мл взвеси на 9 мл среды. Все посеы инкубировали при температуре 37 °С в течение 24–48 ч. После ингибирования подсчитывали число выросших колоний.

Анаэробные бактерии (сульфитредуцирующие клостридии) определяли при посеве 1,0 мл взвеси фекалий в столбик железосульфитного агара с последующим культивированием в анаэробных условиях. Рост микроорганизмов фиксировали по наличию черных колоний в глубине агарового столбика.

Бактерии группы кишечной палочки определяли при посеве 0,1 мл взвеси фекалий поверхностным способом на агар Эндо. По окончании инкубации проводили учет розоватых, красных колоний с металлическим блеском.

Стафилококки (с лецитиназной активностью) выявляли при посеве 0,1 мл взвеси фекалий на агар Байрд — Паркера. Подсчитывали мелкие черные блестящие колонии с матовой зоной лецитиназной активности.

Фекальные энтерококки выявляли при посеве 0,1 мл взвеси на поверхность среды Сланец — Бартли. Подсчитывали сформировавшиеся после инкубирования темно-красные колонии.

Молочнокислые бактерии определяли при посеве 0,1 мл взвеси на поверхность среды MRS и подсчитывали выросшие на поверхности агара желтоватые колонии.

Бифидобактерии определяли при посеве 1,0 мл взвеси фекалий в столбик Бифидум-среды с последующим культивированием в анаэробных условиях. Рост микроорганизмов фиксировали по наличию колоний в виде комет, гвоздей, тяжей и шариков, расположенных по всему объему среды.

Критерии дисбактериоза:

— изменения не менее 2 бактериологических показателей статистически значимо ( $p < 0,05$ ) отличаются от параллельного контроля и выходят за пределы физиологических колебаний ( $\pm 2\sigma$ ) среднегрупповых значений показателя контрольных животных;

— изменения любого из бактериологических показателей статистически значимо отличаются от контроля, не выходят за пределы физиологической нормы, однако сохраняются после окончания воздействия: в хроническом опыте — не менее 1 месяца после окончания воздействия [1].

Критерии дисбактериальных реакций:

— изменения бактериологических показателей статистически значимо ( $p < 0,05$ ) отличаются от параллельного контроля, не выходят за пределы физиологической нормы и быстро восстанавливаются после окончания воздействия [1].

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена параметрическими и непараметрическими методами с помощью компьютерной программы Statistica 13 (лицензия № AXA811I525627ARCN2ACD-M).

При анализе микробиологических показателей, полученных на 2-й неделе ингаляционного воздействия фармацевтической субстанции азитромицин в концентрациях 1,1 мг/м<sup>3</sup>, 5,5 мг/м<sup>3</sup>, 27,5 мг/м<sup>3</sup>, выявлены статистически значимые изменения по сравнению с фоном следующих бактериологических показателей I группы: бактерии группы кишечной палочки при ингаляционном воздействии всех изученных доз снизились и составили соответственно дозовым воздействиям: 82,2 % ( $p < 0,05$ ), 86,2 % ( $p < 0,05$ ), 86,7 % ( $p < 0,05$ ); стафилококки (с лецитиназной активностью) возросли при всех экспозиционных дозах азитромицина и составили соответственно дозовым концентрациям 106,7 % ( $p < 0,05$ ), 109,4 % ( $p < 0,05$ ), 109,5 % ( $p < 0,05$ ); фекальные энтерококки при всех применяемых концентрациях азитромицина снизились и составили соответственно 89,5 % ( $p < 0,05$ ), 88,7 %

( $p < 0,05$ ), 87,5% ( $p < 0,05$ ); колонии молочнокислых бактерий по сравнению с фоном возросли у животных первой и второй экспериментальных групп и составили 108,9% ( $p < 0,05$ ) и 108,8% ( $p < 0,05$ ); бифидобактерии снизились по сравнению с фоновым значением у животных второй и третьей экспериментальных групп и составили 94,0% ( $p < 0,05$ ) и 93,1% ( $p < 0,05$ ) соответственно.

Из бактериологических показателей II группы изучались анаэробные бактерии сульфитредуцирующие клостридии и лактозонегативные условно-патогенные грамотрицательные бактерии. Статистически значимых отклонений сульфитредуцирующих клостридий по сравнению с фоновыми значениями не выявлено.

Значения Lg(KOE/г) лактозонегативных условно-патогенных грамотрицательных бактерий статистически значимо отклонялись (снижались) по сравнению с фоновыми значениями и составили соответственно дозовым экспозициям: 81,8% ( $p < 0,05$ ), 61,5% ( $p < 0,05$ ), 61,5% ( $p < 0,05$ ).

При определении массы слепой кишки и коэффициента массы слепой кишки на 2-й неделе после ингаляционного воздействия фармацевтической субстанции азитромицин не установлено статистически значимых отклонений этих параметров в трех экспериментальных группах по сравнению с фоновым значением, что свидетельствует об отсутствии клинических проявлений дисбактериоза (таблица 1).

Таблица 1 — Показатели масс и коэффициентов массы слепой кишки в условиях хронического ингаляционного воздействия фармацевтической субстанции азитромицин через 2 и 4 недели после затравки, Me (Q1–Q3)

Изучаемый показатель, ед. изм.	Время изучения, сутки	Фон, n = 6	Контроль, n = 6, доза = 27,5 мг/м <sup>3</sup>	Опыт		
				I группа, n = 6, доза = 1,1 мг/м <sup>3</sup>	II группа, n = 6, доза = 5,5 мг/м <sup>3</sup>	III группа, n = 6, доза = 27,5 мг/м <sup>3</sup>
Масса тела, г	исходная	266,33 (262–274)	280,33 (238–320)	313,33 (282–336)	282,66 (272–322)	290,33 (260–312)
	14 сут	278,25 (269–289)	281,2 (242–329)	316,92 (242–342)	300,75 (290–337)	329,75 (289–352)
Масса слепой кишки, г	14 сут	4,72 (4,35–4,8)	5,01 (4,1–6,2)	6,02 (4,35–7,75)	5,84 (4,95–7,9)	5,54 (4,55–6,45)
Коэффициент массы слепой кишки, %	14 сут	1,7 (1,6–1,7)	1,8 (1,6–1,9)	2,0 (1,3–2,3)	1,9 (1,5–2,3)	1,7 (1,5–1,8)
Масса тела, г	исходная	215,33 (206–224)	201,33 (180–232)	216,66 (202–224)	216,0 (202–230)	229,33 (218–244)
	28 сут	300,33 (274–340)	293,2 (274–317)	311,66 (301–334)	331,0 (313–354)	312,83 (305–321)
Масса слепой кишки, г	28 сут	4,98 (4,45–5,45)	5,02 (4,1–6,4)	5,19 (4,5–5,75)	4,9 (4,45–5,25)	4,57 (4,2–5,1)
Коэффициент массы слепой кишки, %	28 сут	1,7 (1,4–1,7)	1,7 (1,3–2,1)	1,7 (1,4–1,8)	1,5 (1,2–1,7)	1,5 (1,4–1,6)

При анализе микробиологических показателей, полученных на 4-й неделе ингаляционного воздействия фармацевтической субстанции азитромицин в концентрациях 1,1 мг/м<sup>3</sup>, 5,5 мг/м<sup>3</sup>, 27,5 мг/м<sup>3</sup>, выявлены статистически значимые отклонения от фоновых значений следующих бактериологических показателей I группы: содержание бактерий группы кишечной палочки при ингаляционном воздействии всех изученных доз снизилось и составило соответственно: 91,2% ( $p < 0,05$ ), 88,4% ( $p < 0,05$ ), 89,2% ( $p < 0,05$ ). Статистически значимых отклонений стафилококков (с лецитиназной активностью) при всех экспозиционных дозах азитромицина не выявлено. Содержание фекальных энтерококков возросло при всех концентрациях азитромицина и составило соответственно

концентрациям: 116,9% ( $p < 0,05$ ), 115,0% ( $p < 0,05$ ), 115,5% ( $p < 0,05$ ); колонии молочнокислых бактерий возросли у животных II и III экспериментальных групп и составили соответственно: 132,3% ( $p < 0,05$ ), 125,4% ( $p < 0,05$ ); уровень бифидобактерий претерпел снижение у животных всех экспериментальных групп и составил, соответственно: 97,2% ( $p < 0,05$ ), 97,5% ( $p < 0,05$ ), 96,4% ( $p < 0,05$ ).

Выявлено статистически значимое снижение бактериологических показателей II группы относительно фоновых значений при всех дозовых концентрациях: для анаэробных бактерий сульфитредуцирующих клостридий они составили: 87,7% ( $p < 0,05$ ), 87,7% ( $p < 0,05$ ), 83,5% ( $p < 0,05$ ); для лактозонегативных условно-патогенных грамотрицательных бактерий — 64,5% ( $p < 0,05$ ), 66,1% ( $p < 0,05$ ), 66,1% ( $p < 0,05$ ) соответственно.

При определении массы слепой кишки и коэффициента массы слепой кишки на 4-й неделе после ингаляционного воздействия фармацевтической субстанции азитромицин не установлено статистически значимых отклонений этих параметров в 3 экспериментальных группах по сравнению с фоновым значением, что свидетельствует об отсутствии клинических проявлений дисбактериоза (таблица 1).

При анализе микробиологических показателей, полученных через 1 месяц после окончания ингаляционного воздействия фармацевтической субстанции в концентрациях 1,1 мг/м<sup>3</sup>, 5,5 мг/м<sup>3</sup>, 27,5 мг/м<sup>3</sup>, выявлены следующие сдвиги бактериологических показателей I группы микроорганизмов. Отмечалась тенденция к увеличению содержания бактерий кишечной палочки и стафилококков (с лецитиназной активностью) при воздействии концентраций 1,1 мг/м<sup>3</sup> ( $p > 0,5$ ), 5,5 мг/м<sup>3</sup> ( $p > 0,5$ ). Статистически значимое увеличение числа бактерий группы кишечной палочки и стафилококков (с лецитиназной активностью) выявлено при концентрации 27,5 мг/м<sup>3</sup> соответственно на 25,7% ( $p < 0,05$ ) и на 13,8% ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контролем. Возросло число молочнокислых бактерий при концентрации 1,1 мг/м<sup>3</sup> на 10,4% ( $p < 0,05$ ). Снижение претерпели фекальные энтерококки. Статистически значимые отклонения этих микроорганизмов отмечены при концентрациях азитромицина 1,1 мг/м<sup>3</sup> (87,9%,  $p < 0,05$ ), и 27,5 мг/м<sup>3</sup> (79,3%,  $p < 0,05$ ) по сравнению с контролем.

При анализе микробиологических показателей II группы не выявлено статистически значимых отклонений анаэробных бактерий (сульфитредуцирующих клостридий) при всех концентрациях фармацевтической субстанции и лактозонегативных условно-патогенных грамотрицательных бактерий при концентрациях 5,5 мг/м<sup>3</sup>, 27,5 мг/м<sup>3</sup>, а при концентрации 1,1 мг/м<sup>3</sup> отмечено снижение лактозонегативных условно-патогенных грамотрицательных бактерий, которые составили 80,8% от контроля.

При определении массы слепой кишки и коэффициента массы слепой кишки через 1 месяц после окончания ингаляционного воздействия фармацевтической субстанции азитромицин в концентрациях 1,1 мг/м<sup>3</sup>, 5,5 мг/м<sup>3</sup>, 27,5 мг/м<sup>3</sup> не установлено статистически значимых отклонений этих параметров в трех экспериментальных группах по сравнению с контрольными значениями, что свидетельствует об отсутствии клинических проявлений дисбактериоза (таблица 2).

Таблица 2 — Показатели масс и коэффициентов массы слепой кишки через 1 месяц после окончания затравки (восстановительный период), Ме (Q1–Q3)

Изучаемый показатель, ед. изм.	Время изучения, сутки	Контроль, n = 6, доза = 27,5 мг/м <sup>3</sup>	Опыт		
			I группа, n = 4, доза = 1,1 мг/м <sup>3</sup>	II группа, n = 5, доза = 5,5 мг/м <sup>3</sup>	III группа, n = 6, доза = 27,5 мг/м <sup>3</sup>
Масса тела, г	исходная	190,33 (168–212)	189,0 (190–194)	204,0 (198–210)	210,33 (194–218)
	56 сут	330,83 (315–339)	357,25 (318,5–396)	357,2 (317–387)	391,83 (375–405)* ( $p = 0,022$ )
Масса слепой кишки, г	56 сут	5,39 (4,8–6,25)	5,21 (4,75–5,68)	5,62 (4,45–7,15)	4,94 (3,8–6,25)
Коэффициент массы слепой кишки, %	56 сут	1,6 (1,4–1,7)	1,5 (1,2–1,8)	1,6 (1,1–1,9)	1,3 (1,0–1,5)

Таким образом, при установлении порога хронического антимикробного (дисбиотического) действия азитромицина, учитывая критерии для установления порогов вредного действия антибактериальных лекарственных средств на нормальную микрофлору кишечника, выявленные изменения бактериологических показателей при ингаляционном воздействии фармацевтической субстанции азитромицин в концентрациях 1,1 мг/м<sup>3</sup>, 5,5 мг/м<sup>3</sup>, 27,5 мг/м<sup>3</sup> на 2-й, 4-й неделях

затравочного периода и через 1 месяц после окончания затравки свидетельствуют о развитии кратковременных изменений микрофлоры, не сопровождаются нарушением физиологических функций и восстанавливаются после прекращения воздействия повреждающего агента (восстановительный период).

Отсутствовали стойкие количественные и качественные изменения микрофлоры кишечника через 1 месяц после окончания затравки, а также клинические проявления развития дисбактериоза, оцениваемые по коэффициенту массы слепой кишки.

Такого рода сдвиги микрофлоры на фоне отсутствия клинических проявлений дисбактериоза свидетельствуют о развитии дисбактериальных реакций, которые являются отражением процесса адаптации биоценоза макроорганизма — микрофлора к изменившимся условиям внешней среды.

Следовательно, порог хронического антимикробного (дисбиотического) действия при ингаляционном воздействии фармацевтической субстанции азитромицин в концентрациях 1,1 мг/м<sup>3</sup>, 5,5 мг/м<sup>3</sup>, 27,5 мг/м<sup>3</sup> превышает уровень концентрации 27,5 мг/м<sup>3</sup>.

## Литература

1. Постановка исследований для обоснования предельно допустимых концентраций антибиотиков в воздухе рабочей зоны: методические указания № 5051–89: утв. зам. Гл. гос. санитар. врача СССР 18.06.1989. — М., 1989. — 22 с.

2. Методы экспериментального определения дисбиотического действия микроорганизмов-продуцентов и биотехнологических препаратов на их основе: инструкция по применению: утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 03.09.2014. — Минск, 2014. — 16 с.

Поступила 02.10.2023

## ИССЛЕДОВАНИЕ СУБХРОНИЧЕСКОЙ ТОКСИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОДУКТА ДЕЛЬТАМЕТРИНА, ПРОИЗВОДНОГО КЛАССА СИНТЕТИЧЕСКИХ ПИРЕТРОИДОВ

*Ильюкова И. И., к. м. н., toxlab@mail.ru,  
Юркевич Е. С., к. м. н., yrkevich.elena@gmail.com,  
Камлюк С. Н., к. б. н., shevtsova308@gmail.com,  
Иода В. И., wikuschka.ioda@mail.ru,  
Клочкова О. П., olya.klochkova@mail.ru,  
Кутлиахметов И. Ф., illiarun402@gmail.com*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Дельтаметрин относится к производным синтетических пиретроидов, является активным действующим веществом химических пестицидов. Синтетические пиретроиды — современный класс инсектицидов селективного действия, широко применяемых в сельском хозяйстве для защиты растений, ветеринарии, в практике санитарной и бытовой дезинсекции для борьбы с вредными и синантропными насекомыми. Кроме того, дельтаметрин технический используется для производства химических средств защиты растений, что определяет необходимость идентификации его опасных свойств для предотвращения негативного влияния на здоровье работающих и населения и определения эквивалентности оригинальному действующему веществу.

Дельтаметрин зарегистрирован Европейским химическим агентством под номером 258-256-6, область применения — активное действующее вещество для производства инсектицидов. При анализе доступных международных баз данных, а также опубликованной в открытой печати научной литературы по результатам изучения подострой пероральной токсичности дельтаметрина обосновано значение NOAEL — 1,0 мг/кг массы тела в сутки, установленное в экспериментальном исследовании при внутрижелудочном введении крысам Sprague Dawley в течение 13 недель в дозах 0; 1,0; 2,5 и 10,0 мг/кг массы тела в сутки. При воздействии максимальной дозы 10,0 мг/кг массы тела в сутки у животных наблюдалось снижение массы тела и прироста массы тела, снижение потребления корма, снижение массы печени (абсолютной и относительной), почек (абсолютной), несогласованные движения, неустойчивая походка, сгорбленная поза, повышенная чувствительность к звуку, пилоэрек-

ция, истощенный внешний вид. Отмечено снижение прироста массы тела у самцов и при воздействии вещества в дозе 2,5 мг/кг массы тела в сутки [1, 2].

Кроме того, опубликованы сведения о возможном воздействии синтетических пиретроидов на гормональную и генеративную системы с проявлением свойств эндокринных дизрапторов [3].

Целью настоящей работы являлось установление в экспериментальных исследованиях дозозависимых закономерностей развития токсических эффектов при субхроническом внутрижелудочном поступлении в организм белых крыс технического дельтаметрина (98,5 %) (далее — технический дельтаметрин) и определение эквивалентности с оригинальным действующим веществом по параметрам токсикометрии в субхроническом эксперименте.

Экспериментальные исследования выполняли в соответствии с рекомендациями OECD [4], содержание и манипуляции с экспериментальными животными выполнялись в соответствии с основными этическими принципами в сфере биоэтики, согласно рекомендациям Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей [5].

Статистическая обработка полученных данных проведена общепринятыми методами анализа с использованием программ Microsoft Excel, Statistica 12. Количественные параметры представлены в виде среднего значения, 95%-го доверительного интервала либо в виде медианы (далее — Me) и интерквартильного размаха (далее — (25%; 75%)). При оценке различий между результатами опыта и показателями контрольной группы использовали параметрический t-критерий Стьюдента или непараметрический U-критерий Манна — Уитни. Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез был принят  $p < 0,05$ .

На основании анализа литературных данных были утверждены следующие уровни доз дельтаметрина: 0; 1,0; 2,5 и 10,0 мг/кг массы тела в сутки; в качестве растворителя было использовано кукурузное масло. Препарат готовили ежедневно непосредственно перед введением. Животным контрольной группы вводили кукурузное масло в эквивалентных объемах.

Изменения клинического состояния у животных тестовой группы, получавших дельтаметрин в максимальной дозе (10 мг/кг массы тела в сутки), возникли на 7-е сутки эксперимента и характеризовались несогласованностью движений, неустойчивостью походки, сторбленной позой, саливацией, повышенной чувствительностью к звуку, неопрятностью шерстного покрова, отказом от пищи. Зарегистрирована гибель 2 животных на 14-е и 17-е сутки наблюдения. Во второй опытной группе при введении вещества в дозе 2,5 мг/кг массы тела в сутки гибели животных не зарегистрировано, клинические признаки отравления возникли к 12-м суткам эксперимента и характеризовались лишь снижением аппетита, угнетением и неопрятностью шерстного покрова. Статистически значимое снижение массы тела на 21,8 и 31,5 % было отмечено у самцов, получавших дельтаметрин в дозах 2,5 и 10,0 мг/кг массы тела в сутки соответственно, тогда как вещество в дозе в 1,0 мг/кг массы тела в сутки не оказывало значимого влияния на прирост массы тела у самцов белых крыс (таблица 1).

Таблица 1 — Прирост массы тела у крыс-самцов при внутрижелудочном введении дельтаметрина (технический продукт, 98,5 %) в субхроническом эксперименте за период 0–13 недель, данные по группам, Me (25%; 75%)

Уровни доз, мг/кг массы тела в сутки	Прирост массы тела, 0–13 недель	
	г	%
0	155,84 (121,0; 209,0)	0,0
1,0	141,5 (113,0; 214,0)	-9,2
2,5	135,5 (110,1; 189,0)*	-13,1
10,0	123,9 (105,9; 165,8)*	-20,5

\* Различия статистически значимы относительно контрольной группы,  $p < 0,05$ .

В опытных группах крыс-самок в ходе субхронического эксперимента не зарегистрировано случаев гибели животных, не выявлено значимых эффектов по потреблению корма или воды, динамика изменения массы сохранялась на уровне контрольной группы на протяжении всего эксперимента. Таким образом, при субхроническом внутрижелудочном введении технического дельтаметрина (98,5 %) в течение 13 недель доза в 10,0 мг/кг массы тела в сутки определена как максимально действующая, доза 2,5 мг/кг массы тела в сутки — как пороговая, значение NOAEL составило 1,0 мг/кг массы тела в сутки и обосновано по показателю снижения массы тела у крыс-самцов.

Со стороны гематологических показателей в максимальной дозе (10,0 мг/кг массы тела в сутки) у самцов отмечен лейкоцитоз, зарегистрировано статистически значимое снижение содержания

гемоглобина, гематокрита, при этом показатели среднеклеточной концентрации гемоглобина в эритроците, среднеклеточного гемоглобина не выходили за пределы аналогичных показателей у контрольных животных. При действии средней дозы у самцов и максимальной дозы у самок отмечена только устойчивая тенденция к повышению содержания лейкоцитов. Все остальные исследованные гематологические показатели при действии дозы в 2,5 мг/кг массы тела в сутки у самок белых крыс и минимальной из исследованных доз для животных обоих полов находились в диапазоне показателей контрольной группы. Следовательно, доза в 2,5 мг/кг массы тела в сутки рассматривается как недействующая на гематологические показатели в субхроническом 90-дневном эксперименте при внутрижелудочном введении технического дельтаметрина.

Субхроническая интоксикация техническим дельтаметрином сопровождается достоверными изменениями биохимических показателей крови. При максимальной дозе воздействия в сыворотке крови самцов белых крыс зарегистрировано статистически значимое снижение уровня общего белка на 23,7 %, уменьшение активности аланинаминотрансферазы на 20,0 %, повышение содержания щелочной фосфатазы на 32,6 %. Отмеченные изменения в биохимическом статусе самцов белых крыс носили дозозависимый характер, так как при действии средней дозы обнаружена тенденция к аналогичным изменениям без зарегистрированной достоверной значимости. Биохимические параметры сыворотки крови у животных, получавших более низкие дозы технического дельтаметрина (1,0 мг/кг массы тела в сутки), оставались на уровне контрольных показателей. Ионный баланс крови у животных тестовых групп самцов и самок не претерпевал значимых изменений, содержание ионов калия, натрия, магния, фосфора и железа находилось в пределах значений интактных животных. Самки белых крыс отличались более высокой устойчивостью к субхронической интоксикации дельтаметрином. Как показали результаты тестирования, только при введении высокой дозы 10,0 мг/кг массы тела в сутки в сыворотке крови крыс-самок зарегистрирована достоверная тенденция к росту активности щелочной фосфатазы, все остальные биохимические показатели достоверно не отличались от учитываемых показателей, зарегистрированных в контрольной серии. Значение NOAEL по воздействию на изученные биохимические показатели установлено на уровне 2,5 мг/кг массы тела в сутки для самцов и самок белых крыс по увеличению активности щелочной фосфатазы (таблица 2).

Таблица 2 — Биохимические показатели сыворотки крови крыс-самцов при внутрижелудочном введении дельтаметрина (технический продукт, 98,5 %) в субхроническом эксперименте в течение 13 недель

Показатель, ед. измерения	Группы сравнения, уровни доз, мг/кг массы тела в сутки			
	0	1,0	2,5	10,0
АЛАТ, Ед/л	110,34 (94,9; 119,10)	106,5 (97,28; 118,4)	99,9 (76,33; 108,4)	88,3* (74,44; 105,90)
АСАТ, Ед/л	1314,4 (929,7; 1473,2)	1316,0 (1091,8; 1481,2)	1263,7 (1014,2; 1403,8)	1204,1 (1047,3; 1508,0)
Мочевина, мМоль/л	67,40 (41,22; 57,20)	69,95 (46,65; 80,28)	75,51 (58,88; 101,1)	81,23 (68,43; 94,63)
Креатинин, мкМоль/л	46,45 (42,76; 49,87)	48,26 (47,52; 50,84)	48,71 (44,64; 51,5)	49,14 (44,41; 50,31)
Общий белок, г/л	69,40 (59,50; 71,90)	61,90 (56,30; 64,70)	57,40 (46,50; 63,90)	54,10* (51,60; 64,10)
Глюкоза, мМоль/л	4,52 (3,92; 5,22)	5,09 (3,80; 5,49)	4,78 (4,50; 4,98)	5,02 (4,77; 5,25)
Альбумин, г/л	30,1 (13,7; 33,5)	29,6 (24,3; 53,1)	24,3 (19,4; 31,2)	23,1 (18,6; 29,8)
Холестерин, мМоль/л	1,9 (1,2; 2,7)	2,3 (1,3; 2,5)	2,4 (1,7; 3,0)	2,5 (1,9; 2,9)
ЛПНП, г/мл	3,06 (2,97; 3,12)	3,05 (3,00; 3,12)	3,04 (3,02; 3,17)	3,01 (3,02; 3,10)
ЛПВП, г/мл	0,98 (0,95; 1,07)	0,98 (0,97; 1,09)	0,97 (0,95; 1,10)	0,96 (0,94; 1,0)
Билирубин общий, мкМоль/л	3,8 (3,0; 5,4)	4,2 (3,9; 5,3)	3,7 (3,1; 4,99)	3,1 (2,7; 3,7)
Железо, мкМоль/л	17,5 (12,24; 22,8)	22,8 (17,7; 27,8)	16,7 (12,5; 20,9)	11,5 (8,7; 14,2)
Натрий, мМоль/л	104,4 (98,90; 110,5)	101,5 (95,38; 110,30)	95,6 (89,65; 100,8)	90,6 (85,25; 98,90)
Калий, мМоль/л	4,15 (3,50; 4,98)	3,24 (2,31; 3,57)	3,53 (2,92; 4,22)	3,43 (2,25; 4,10)
Магний, мМоль/л	0,95 (0,9; 1,01)	0,98 (0,85; 1,11)	0,98 (0,91; 1,06)	0,99 (0,85; 1,12)
Фосфор, мМоль/л	1,4 (1,3; 1,6)	1,4 (1,1; 1,7)	1,5 (1,3; 1,7)	1,4 (1,2; 1,5)
Триглицериды, ммоль/л	0,91 (0,72; 0,93)	1,10 (0,92; 1,18)	0,95 (0,81; 1,08)	0,96 (0,78; 1,14)



Показатель, ед. измерения	Группы сравнения, уровни доз, мг/кг массы тела в сутки			
	0	1,0	2,5	10,0
Общие липиды, г/л	5,0 (4,5; 6,0)	4,7 (3,9; 5,0)	4,8 (3,4; 4,8)	4,5 (4,3; 5,1)
Щелочная фосфатаза, ммкат/л	1,15 (1,0; 1,29)	1,18 (1,11; 1,32)	1,29 (1,18; 1,32)	1,52* (1,24; 1,68)
ЛДГ, мккат/л	43,8 (32,1; 55,4)	38,3 (11,9; 64,6)	38,9 (28,8; 49,0)	33,5 (18,1; 48,8)
ГГТ, мккат/л	0,16 (0,15; 0,17)	0,15 (0,14; 0,15)	0,16 (0,15; 0,16)	0,16 (0,15; 0,18)
* Различия статистически значимы относительно контрольной группы, $p < 0,05$ .				

С целью оценки возможного влияния технического дельтаметрина (98,5%) на состояние эндокринной системы изучено содержание гормонов, характеризующих состояние гипофизарно-тиреоидного статуса, репродуктивной системы и функции коры надпочечников у крыс (самцов и самок), подвергнутых внутрижелудочному введению технического дельтаметрина.

При субхроническом внутрижелудочном введении максимальной из изученных доз технического дельтаметрина отмечается влияние на тиреоидный статус крыс-самцов — повышенная инкретия гипофизом тиреотропного гормона на 21%, что, в свою очередь, на 37% стимулирует рост уровня общего тироксина в сыворотке крови. При этом содержание свободной активной формы тироксина и трийодтиронина (свТ3 и общий Т3) находится в пределах контрольных значений. Показатели гипоталамо-тиреоидного статуса у тестовых групп крыс-самок достоверно не отличаются от показателей интактных самок (таблица 3).

Таблица 3 — Показатели гормонального статуса самцов и самок белых крыс при внутрижелудочном введении дельтаметрина (технический продукт, 98,5%) в субхроническом эксперименте в течение 13 недель

Показатель, ед. измерения	Группы сравнения, уровни доз, мг/кг массы тела в сутки			
	0	1,0	2,5	10,0
<b>Самцы</b>				
свТ3, пмоль/л	4,99 (4,40; 5,52)	3,82 (3,28; 4,97)	5,43 (4,89; 5,84)	4,70 (3,11; 5,22)
Т3, нмоль/л	1,63 (1,43; 1,69)	1,58 (1,42; 1,95)	1,63 (1,39; 1,73)	1,68 (1,43; 1,75)
Т4, нмоль/л	36,25 (18,40; 39,15)	33,25 (19,51; 54,10)	35,90 (20,53; 47,79)	49,99* (20,85; 50,53)
свТ4, пмоль/л	21,87 (17,87; 24,16)	19,81 (16,54; 22,13)	20,50 (18,14; 25,10)	21,93 (16,99; 23,33)
ТТГ, мМЕ/л	0,18 (0,10; 0,24)	0,20 (0,10; 0,25)	0,19 (0,10; 0,26)	0,31* (0,10; 0,26)
ТГ, нг/мл	75,41 (60,24; 81,14)	69,47 (51,54; 72,65)	76,12 (59,57; 82,11)	61,44 (48,37; 82,54)
Кортизол, нмоль/л	26,8 (13,64; 34,32)	25,1 (16,9; 33,89)	28,4 (11,2; 38,91)	33,9 (16,4; 51,2)
Тестостерон, нмоль/л	6,90 (4,27; 7,98)	7,10 (4,05; 9,11)	7,56 (5,24; 9,81)	6,69 (4,40; 8,14)
ЛГ, МЕ/л	0,18 (0,08; 0,27)	0,19 (0,10; 0,28)	0,16 (0,09; 0,24)	0,17 (0,10; 0,27)
ФСГ, МЕ/л	0,20 (0,10; 0,27)	0,20 (0,1; 0,30)	0,15 (0,1; 0,30)	0,15 (0,10; 0,27)
<b>Самки</b>				
свТ3, пмоль/л	4,99 (4,40; 5,52)	3,82 (3,28; 4,97)	5,43 (4,89; 5,84)	4,70 (3,11; 5,22)
Т3, нмоль/л	1,63 (1,43; 1,69)	1,58 (1,42; 1,95)	1,63 (1,39; 1,73)	1,68 (1,43; 1,75)
Т4, нмоль/л	36,25 (18,40; 39,15)	33,25 (19,51; 54,10)	35,90 (20,53; 47,79)	49,99* (20,85; 50,53)
свТ4, пмоль/л	21,87 (17,87; 24,16)	19,81 (16,54; 22,13)	20,50 (18,14; 25,10)	21,93 (16,99; 23,33)
ТТГ, мМЕ/л	0,18 (0,10; 0,24)	0,20 (0,10; 0,25)	0,19 (0,10; 0,26)	0,31* (0,10; 0,26)
ТГ, нг/мл	75,41 (60,24; 81,14)	69,47 (51,54; 72,65)	76,12 (59,57; 82,11)	61,44 (48,37; 82,54)
Кортизол, нмоль/л	26,8 (13,64; 34,32)	25,1 (16,9; 33,89)	28,4 (11,2; 38,91)	33,9 (16,4; 51,2)
Тестостерон, нмоль/л	6,90 (4,27; 7,98)	7,10 (4,05; 9,11)	7,56 (5,24; 9,81)	6,69 (4,40; 8,14)
ЛГ, МЕ/л	0,18 (0,08; 0,27)	0,19 (0,10; 0,28)	0,16 (0,09; 0,24)	0,17 (0,10; 0,27)
ФСГ, МЕ/л	0,20 (0,10; 0,27)	0,20 (0,1; 0,30)	0,15 (0,1; 0,30)	0,15 (0,10; 0,27)
* Различия статистически значимы относительно контрольной группы, $p < 0,05$ .				

Со стороны гормонов, продуцируемых корой надпочечников и половых желез, статистически значимых изменений при субхронической интоксикации дельтаметрином у подопытных групп самок белых крыс при всех изученных дозах не выявлено. У крыс-самцов на высокой дозе воздействия зарегистрировано незначительное увеличение уровня кортизола. Недействующая доза (NOAEL) при внутрижелудочном поступлении дельтаметрина технического 98,5 % в субхроническом 90-дневном эксперименте для белых крыс-самцов по показателям гормонального гомеостаза установлена на уровне 2,5 мг/кг массы тела в сутки на основе обнаруженной при введении максимальной дозы в 10 мг/кг массы тела в сутки в сыворотке крови повышенной инкреции тиреотропного гормона и увеличения уровня общего тироксина, что коррелирует с достоверным увеличением относительной массы щитовидной железы. Показатели гипофизарно-тиреоидного статуса, половых гормонов и гормонов коры надпочечников у тестовых групп крыс-самок достоверно не отличаются от показателей интактной группы самок. Установлено значение NOAEL по показателям гормонального гомеостаза 2,5 мг/кг массы тела в сутки для самцов и 10,0 мг/кг массы тела в сутки — для самок.

Влияние технического дельтаметрина на генеративную функцию крыс-самцов выявляли путем определения количественных и качественных характеристик сперматозоидов в эякуляте самцов. Для получения эякулята использовался метод электростимуляции семенного бугорка через слизистую оболочку прямой кишки. Определяли общее количество сперматозоидов, содержание подвижных и неподвижных форм, среднюю скорость подвижных сперматозоидов при помощи спермоанализатора БИОЛА АФС-500-2 (Российская Федерация), процентное содержание дефектных форм сперматозоидов оценивали визуально при помощи микроскопа. Анализ семенной жидкости крыс-самцов контрольной группы показал, что в эякуляте животных насчитывалось 12,82 (10,28; 14,97) млн сперматозоидов, при этом процент активно подвижных клеток составил 98,65 (97,99; 99,2) %. Показатели спермограммы у животных тестовой группы, получавших высокую дозу дельтаметрина технического, по количеству сперматозоидов в семенной жидкости и количеству активных гамет значимо не отличались от таковых у контрольных крыс-самцов. При субхроническом действии высокой дозы дельтаметрина отмечена недостоверная тенденция к снижению средней скорости подвижных форм сперматозоидов. При проведении морфологического анализа эпидидимальных сперматозоидов визуально зарегистрировано увеличение дефектных форм гамет, однако достоверность полученных изменений в условиях проводимого эксперимента не была достигнута. Ведущими патологическими нарушениями среди дефектных форм сперматозоидов были отмечены облом и потеря хвоста.

Таким образом, интоксикация дельтаметрином техническим в субхроническом эксперименте не оказывала значимого повреждающего воздействия на показатели семенной жидкости крыс-самцов в максимально изученной дозе. Значение NOAEL по воздействию на генеративную функцию для крыс-самцов как наиболее чувствительного вида по гендерным различиям в условиях проводимого эксперимента установлено на уровне 2,5 мг/кг массы тела в сутки по количественным и качественным показателям спермограммы.

По окончании субхронического эксперимента проведена эвтаназия животных с последующей патоморфологией и определением органомерических показателей внутренних органов. Анализ полученных данных при действии максимальной из испытанных доз показал достоверное уменьшение относительной массы печени на 21 % ( $p = 0,04$ ), рост коэффициента массы щитовидной железы на 22 % ( $p = 0,03$ ) и надпочечников — на 26,8 % ( $p = 0,03$ ) у крыс-самцов. У самок тестовой группы воздействие дельтаметрина на высокой дозе после 13-недельного эксперимента привело к достоверному увеличению относительной массы надпочечников на 21 % ( $p = 0,04$ ). При действии средней и минимальной из испытанных доз не выявлено значимого изменения относительного коэффициента массы органов как у самцов, так и у самок тестовых групп по сравнению с контрольными значениями. NOAEL по воздействию на генеративную функцию для крыс-самцов как наиболее чувствительного вида по гендерным различиям в условиях проводимого эксперимента установлена на уровне 2,5 мг/кг массы тела в сутки по количественным и качественным показателям спермограммы.

Таким образом, в условиях субхронического эксперимента в течение 13 недель внутрижелудочного введения дельтаметрина (технический продукт, 98,5 %) доза в 10,0 мг/кг массы тела в сутки признана как действующая, доза 2,5 мг/кг массы тела в сутки — пороговая, значение NOAEL определено на уровне 1,0 мг/кг массы тела в день по наиболее чувствительному показателю снижения массы тела у крыс-самцов. Проведенные исследования подтвердили, что изученный технический продукт — дженерик дельтаметрина технического (98,5 %) по изученным токсикологическим параметрам и уровню NOAEL эквивалентен техническому продукту оригинатора.

## Литература

1. Repeated dose toxicity of deltamethrin in rats / S. Manna [et al.] // The Indian Journal of Pharmacology. — 2005. — Vol. 37, № 3. — P. 160–164.
2. Deltamethrin Alters Thyroid Hormones and Delays Pubertal Development in Male and Female Rats / Shui-Yuan Lu [et al.] // Comparative Endocrinology of Animals [Electronic resource] / ed. E. Narayan. — Mode of access: <https://www.intechopen.com/chapters/64652>. — Date of access: 18.09.2023.
3. Effect of Deltamethrin and Ridomil on sperm parameters and reproductive hormones of male albino rats / U. B. Ekaluo [et al.] // Toxicology and Environmental Health Sciences. — 2013. — Vol. 5, № 1. — P. 9–14.
4. Test № 408: Repeated dose 90 day oral toxicity study in rodents // OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4 [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/9789264070707-en>. — Date of access: 18.09.2023.
5. Надлежащая лабораторная практика: ТКП 125–2008(02 040). — Введ. 01.05.2008. — Минск: РУП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении», 2008. — 40 с.

Поступила 20.09.2023

## ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПАСНЫХ СВОЙСТВ БИОПЕСТИЦИДА, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТОМАТОВ И ОГУРЦОВ ОТ КОРНЕВЫХ ГНИЛЕЙ

Камлюк С. Н., к. б. н., [hevtsova308@gmail.com](mailto:hevtsova308@gmail.com),  
Ильюкова И. И., к. м. н., [toxlab@mail.ru](mailto:toxlab@mail.ru),  
Юркевич Е. С., к. м. н., [yrkevich.elena@gmail.com](mailto:yrkevich.elena@gmail.com),  
Иода В. И., [wikuschka.ioda@mail.ru](mailto:wikuschka.ioda@mail.ru),  
Клочкова О. П., [olya.klochkova@mail.ru](mailto:olya.klochkova@mail.ru)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Основной сферой использования биопестицидов на сегодняшний день является овощеводство, где препараты, созданные на основе микроорганизмов (и других субстратов природного происхождения), находят эффективное применение как на закрытом, так и на незащищенном грунте. Значительную роль играет применение биопестицидов с целью защиты плодовых и ягодных культур как в агропромышленном комплексе, так и в личных подсобных хозяйствах, крестьянско-фермерских хозяйствах. Во-первых, постепенный прирост научно обоснованных данных о перспективности использования биопестицидов в качестве экономически и экологически более выгодной альтернативы средствам защиты растений на основе продуктов химического синтеза, а во-вторых, активная популяризация идей о необходимости стремиться к осмотрительному и бережному отношению к окружающей природной среде способствовали положительной тенденции расширения спектра разрабатываемых, производимых и реализуемых биопестицидов, в том числе и в Республике Беларусь [1].

В свою очередь, безопасное применение биопрепаратов в сельском хозяйстве законодательно обеспечивается в Республике Беларусь процедурой государственной регистрации агрохимикатов [2], которая предполагает проведение токсиколого-гигиенических исследований по опасным свойствам для здоровья человека: острой токсичности при различных путях поступления, раздражающему действию на неповрежденные кожные покровы, раздражающему действию на слизистые оболочки, способности оказывать сенсibiliзирующее действие, способности оказывать кумулятивное действие в субхроническом эксперименте. Полученные по результатам исследований данные о наличии и степени выраженности опасных для здоровья человека свойств, а также результаты санитарно-химических испытаний позволяют научно обосновать регламенты безопасного применения средств защиты растений и удобрений во избежание нанесения ущерба здоровью работающих, занятых при применении препаратов, населению и окружающей природной среде.

В настоящей работе представлены оригинальные данные токсиколого-гигиенического изучения опасных свойств микробного препарата на основе спор и продуктов метаболизма бактерий *Bacillus subtilis*, разработанного в Республике Беларусь в целях обеспечения защиты томатов и огурцов от кор-

невых гнилей и на сегодняшний день эффективно применяемого в аграрном секторе — предприятиях агропромышленного комплекса и фермерских хозяйствах — на данных культурах в условиях защищенного грунта.

Экспериментально полученные данные подвергали статистической обработке общепринятыми методами. Для оценки значимости различий между опытом и контролем (группами наблюдения) применяли непараметрический U-критерий Манна — Уитни. Количественные параметры представлены в виде медианы (далее — Me) и интерквартильного размаха (далее — 25%; 75%). Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез был принят  $p \leq 0,05$ .

В целях изучения острой токсичности при однократном внутрижелудочном введении исследуемого биопестицида проводили эксперимент с применением теплокровных животных — белых крыс (по 6 особей в каждой группе наблюдения) путем однократного введения препарата в виде 50%-го водного раствора в желудок с помощью иглы-зонда в объеме 3 мл / 200 г (заданные дозы препарата: 2300; 2800; 3750; 5100 мг/кг). Регистрацию гибели животных и проявлений интоксикации при их наличии регистрировали в течение 14 суток после введения [3].

В течение первых 30 минут после интрагастрального введения биопестицида были отмечены симптомы интоксикации: легкое возбуждение, повышенная двигательная активность, которые исчезали по истечении нескольких часов. В последующие 14 дней наблюдения поведение подопытных животных не отличалось от такового у животных контрольной группы, которые в эквивалентных количествах получали дистиллированную воду.

Гибели животных и стойких выраженных симптомов интоксикации обнаружено не было. По результатам проведенных исследований установлено, что значение  $DL_{50}$  при внутрижелудочном введении в остром эксперименте для изучаемого биопестицида составляет более 5000 мг/кг, что дает основание для отнесения агрохимиката к 4 классу опасности (малоопасным веществам) [4, 5].

При изучении местно-раздражающих свойств биопестицида при однократном воздействии на неповрежденные кожные покровы использовали 50%-й водный раствор препарата, который наносили на лишенную шерстного покрова кожу спины животных (белые крысы) со стороны правого бока, площадью 4 × 4 см (левый бок служил контролем), в дозе 20 мг/см<sup>2</sup> однократно; длительность экспозиции составила 4 часа [3].

В результате проведенных исследований установлено, что в условиях однократного воздействия на выстриженные участки кожи спины белых крыс изученный биопестицид не обладает раздражающим действием на кожные покровы и относится к малоопасным веществам (4 класс, отсутствие раздражающего действия) [5].

В целях изучения раздражающего действия на слизистые оболочки глаз при однократном воздействии применяли свежеприготовленный 50%-й водный раствор препарата, который в количестве 50–100 мкл вносили в нижний конъюнктивальный свод глаза кролика (по 3 особи в каждой группе наблюдения). У подверженных воздействию биопестицида кроликов установлено наличие слабо выраженных симптомов раздражения слизистых оболочек глаз (слабый отек век, незначительное инъектирование сосудов, выделения в углу глаза), которые полностью проходили в течение 3–6 часов после инстилляции [3].

Таким образом, в условиях однократного воздействия на слизистые оболочки биопестицид характеризуется слабо выраженным раздражающим действием на слизистые оболочки глаз экспериментальных животных и относится к умеренно опасным веществам (3В класс, слабое раздражающее действие) [5].

Наряду с показателями острой токсичности, раздражающего и ирритативного действия для биопестицида также была проведена оценка субхронического воздействия при интраназальном введении. В экспериментальных исследованиях использовали белых крыс, которым интраназально вводили 50%-ю суспензию препарата в физиологическом растворе в течение 1 месяца (по 5 раз в неделю). Контрольным животным апплицировали в эквивалентных объемах дистиллированную воду. Установлено, что длительное интраназальное воздействие биопестицида не вызывает видимых отклонений физиологического состояния и внешнего вида опытных животных.

По окончании эксперимента животных умерщвляли путем декапитации и проводили вскрытие. Сравнение по ряду основных морфофункциональных показателей проводили между группой, получавшей препарат, и контрольной группой животных.

Полученные результаты показали, что при повторном интраназальном поступлении биопестицидов в хроническом эксперименте отмечено статистически значимое снижение массы тела у опытной группы в сравнении с контролем на 14,6% и увеличение относительного коэффициента массы (далее — ОКМ) селезенки и надпочечников на 18,8% и 25,0% соответственно (различия считали значимыми при уровне значимости  $p \leq 0,05$ ). Остальные оцениваемые в исследованиях

морфометрические показатели (ОКМ внутренних органов) у животных опытной группы не отличались от соответствующих показателей у животных в контрольной группе наблюдения (таблица 1).

Таблица 1 — Относительные коэффициенты масс внутренних органов белых крыс при интраназальном введении биопестицида (Ме (25%; 75%))

Группы сравнения животных	Масса крысы, г	ОКМ печени, кг <sup>-3</sup> /кг	ОКМ почек, кг <sup>-3</sup> /кг	ОКМ сердца, кг <sup>-3</sup> /кг	ОКМ селезенки, кг <sup>-3</sup> /кг	ОКМ надпочечников, кг <sup>-3</sup> /кг
Контроль	247,14 ± 2,86 (240,00; 260,00)	37,73 ± 1,43 (32,70; 42,01)	7,71 ± 0,10 (7,30; 8,00)	3,87 ± 0,11 (3,50; 4,40)	4,31 ± 0,17 (3,80; 4,90)	0,21 ± 0,01 (0,17; 0,24)
Биопестицид	215,71 ± 2,54 (210,00; 230,00); p = 0,002*	38,13 ± 1,11 (34,70; 43,00); p = 0,75	8,11 ± 0,16 (7,70; 8,80); p = 0,06	3,97 ± 0,14 (3,50; 4,40); p = 0,7	5,31 ± 0,41 (4,40; 7,40); p = 0,03*	0,28 ± 0,01 (0,26; 0,32); p = 0,002*
* Различия статистически значимы при p ≤ 0,05.						

По итогам проведенных исследований установлены также значимые изменения биохимических показателей животных, оцененных в сыворотке крови: снижение уровня общего билирубина на 67,7% и железа на 18%, увеличение содержания аламинотрансферазы на 22,5%, липопротеидов низкой плотности — на 1,0%, липопротеидов высокой плотности — на 3,4%; при этом остальные анализируемые биохимические показатели, выбранные в качестве значимых показателей функционального состояния белых крыс, у опытной группы не имели статистически значимых различий с соответствующими показателями животных контрольной группы (таблица 2).

Таблица 2 — Биохимические показатели крови белых крыс при интраназальном введении биопестицида (Ме (25%; 75%))

Исследуемые показатели	Группы сравнения животных	
	контроль	биопестицид
Глюкоза, Моль/л	5,43 ± 0,24 (4,58; 6,23)	5,83 ± 0,44 (4,81; 7,61); p = 0,75
Фосфор, мМоль/л	2,45 ± 0,11 (1,85; 2,68)	2,42 ± 0,07 (2,085; 2,665); p = 0,75
Магний, мМоль/л	0,67 ± 0,05 (0,398; 0,776)	0,61 ± 0,09 (0,342; 0,917); p = 0,75
Общий белок, г/л	38,09 ± 1,80 (32,60; 4,10)	39,59 ± 3,18 (26,70; 47,50); p = 0,52
Альбумин, г/л	70,76 ± 3,44 (55,50; 3,70)	69,6 ± 3,6 (59,60; 82,50); p = 0,22
Билирубин общий, мкМоль/л	9,61 ± 0,69 (6,80; 12,20)	5,73 ± 0,52 (3,50; 7,40); p = 0,003*
Холестерин, мМоль/л	0,76 ± 0,08 (0,50; 1,10)	0,73 ± 0,1 (0,3; 1,1); p = 0,9
АлаТ, Ед/л	68,80 ± 3,60 (53,20; 79,50)	88,84 ± 3,87 (76,90; 102,60); p = 0,004*
АсаТ, Ед/л	134,93 ± 9,01 (99,60; 175,90)	136,14 ± 8,91 (96,40; 163,90); p = 0,85
ГГТ, Ед/л	10,37 ± 0,28 (9,10; 11,60)	11,13 ± 0,17 (10,30; 11,70); p = 0,06
ЛДГ, г/мл	1483,67 ± 127,61 (778,80; 1790,60)	1278,23 ± 151,93 (669,50; 1731,10); p = 0,28
ЛПНП, г/мл	5,93 ± 0,03 (5,84; 6,03)	6,06 ± 0,01 (6,03; 6,09); p = 0,003*
ЛПВП, г/мл	0,57 ± 0,006 (0,54; 0,58)	0,59 ± 0,002 (0,58; 0,59); p = 0,01*
Железо, мкМоль/л	52,23 ± 2,03 (46,40; 61,90)	44,07 ± 1,72 (37,5; 50,0); p = 0,01*
Креатинин, мкМоль/л	14,51 ± 0,64 (12,59; 17,32)	14,9 ± 0,62 (12,56; 17,75); p = 0,85
* Различия статистически значимы при p ≤ 0,05.		

По итогам изучения гематологических показателей с применением гематологического анализатора Mythic18 (Швейцария) по окончании экспозиционного периода субхронического эксперимента для животных опытной группы отмечено статистически значимое увеличение содержания эритроцитов (на 4,2% по сравнению с соответствующим значением показателя у животных контрольной группы), тогда как по остальным оцениваемым гематологическим показателям функционального состояния экспериментальных животных значимых различий у опытной и контрольной групп наблюдения отмечено не было (таблица 3).

Таблица 3 — Морфологический состав периферической крови белых крыс при интраназальном введении биопестицида (Ме (25%; 75%))

Изучаемые показатели	Группы сравнения животных	
	контроль	биопестицид
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	11,69 ± 1,98 (5,40; 19,70)	13,84 ± 1,56 (6,50; 19,40); p = 0,34
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	7,06 ± 0,10 (6,75; 7,47)	6,77 ± 0,15 (6,42; 7,57); p = 0,05*
Гемоглобин, г/л	161,86 ± 1,16 (157,00; 166,00)	158,86 ± 3,12 (152,00; 173,00); p = 0,34
Тромбоциты, 10 <sup>9</sup> /л	692,57 ± 46,12 (519,00; 857,00)	710,71 ± 48,74 (520,00; 874,00); p = 0,75
Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л	7,51 ± 1,41 (3,30; 14,20)	9,80 ± 1,24 (4,50; 14,40); p = 0,22
Моноциты, 10 <sup>9</sup> /л	0,43 ± 0,06 (0,20; 0,90)	0,47 ± 0,07 (0,20; 0,80); p = 0,40
Гранулоциты, 10 <sup>9</sup> /л	3,76 ± 0,90 (1,90; 9,00)	3,57 ± 0,30 (1,80; 4,20); p = 0,14
* Различия статистически значимы при p ≤ 0,05.		

Согласно результатам, полученным при оценке функционального состояния выделительной системы, для животных опытной группы по сравнению с контролем отмечено статистически значимое снижение содержания в моче общего белка (на 40,9% по сравнению с соответствующим показателем у животных контрольной группы). Остальные выбранные для оценки биохимические показатели функционального состояния выделительной системы крыс не имели значимых различий с контрольной группой.

Результаты проведенных исследований биопестицида в субхроническом эксперименте (при повторном интраназальном введении биопестицида белым крысам) свидетельствуют об отсутствии у опытных животных неспецифических функциональных эффектов, что, в свою очередь, позволяет заключить об отсутствии у препарата общетоксического действия на организм теплокровных животных [3, 5]. Вместе с тем полученные результаты могут косвенно свидетельствовать о негативном воздействии биопестицида на функционирование гепатобилиарной системы: значимое возрастание уровня содержания ЛПВП и снижение уровня билирубина.

При оценке сенсibiliзирующего потенциала изучаемого биопестицида использовали белых мышей. В основание хвоста белых мышей препарат вводили внутривенно в виде водного раствора: каждой особи из контрольной группы вводили 60 мкл — 30 мкл физиологического раствора + 30 мкл адьюванта; каждой особи из экспериментальной группы вводили 30 мкл физиологического раствора + 30 мкл биопрепарата [3]. По истечении 5 суток измеряли толщину лапы всех задействованных в исследовании животных с помощью микрометра и в подушечку животным вводили по 40 мкл биопрепарата (экспериментальная группа животных) и 40 мкл физиологического раствора (контрольная группа животных). По истечении 24 часов проводили измерение толщины лапы животных с помощью микрометра; на основании полученных данных проводили оценку степени выраженности отечно-пролиферативной реакции. В результате эксперимента установлено, что исследованный биопестицид в рамках стандартного протокола исследований не проявляет сенсibiliзирующей активности и может быть отнесен к 4 классу (вещества малоопасные по сенсibiliзирующей способности) [3, 5].

Таким образом, результаты проведенных исследований по оценке способности биопестицида оказывать кумулятивный эффект свидетельствуют о наличии у препарата только слабо выраженных кумулятивных свойств, проявления которых были отмечены лишь на уровне функциональных эффектов компенсаторно-приспособительного характера, которые в процессе постэкспозиционного восстановления полностью нивелируются. По итогам проведенных экспериментальных работ, а также анализа имеющихся в доступе опубликованных материалов можно заключить о возможности безопасного использования изученного препарата по назначению в аграрном секторе. При условии соблюдения рекомендованных регламентов применения и использования средств индивидуальной защиты микробный препарат на основе спор и продуктов метаболизма бактерий *Bacillus subtilis* по токсикологическим показателям не представляет опасности для здоровья человека.

## Литература

1. Жемчужин, С. Г. Биопестициды: современное состояние проблемы (Дайджест публикаций за 2012–2017 гг.) / С. Г. Жемчужин, Ю. Я. Спиридонов, Г. С. Босак // Агрехимия. — 2019. — № 11. — С. 77–85.

2. О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Беларусь «О защите растений» [Электронный ресурс]: Закон Республики Беларусь № 398-З от 18 июля 2016 г. // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2023.

3. Инструкция 1.1.11–12–35–2004. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 14.12.2004. — Минск, 2004. — 43 с.

4. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) [Электронный ресурс]: утв. Решением Комиссии тамож. союза от 28 мая 2010 г. № 29; в ред. решений Комиссии Тамож. союза от 17.08.2010 № 341, от 18.11.2010 № 456, от 02.03.2011 № 571, от 07.04.2011 № 622, от 18.10.2011 № 829, от 09.12.2011 № 889, решений Коллегии Евраз. эконом. комиссии от 19.04.2012 № 34, от 16.08.2012 № 125, от 06.11.2012 № 208, от 15.01.2013 № 6, от 10.11.2015 № 149, от 06.08.2019 № 132. — Режим доступа: [http://www.eurasiancommission.org/ru/act/techreg/dep-sanmer/sanmeri/Pages-/P2\\_299.aspx](http://www.eurasiancommission.org/ru/act/techreg/dep-sanmer/sanmeri/Pages-/P2_299.aspx). — Дата доступа: 19.09.2023.

5. ГОСТ 32419–2022. Классификация опасности химической продукции. Общие требования. — Введ. Респ. Беларусь 01.07.2023. — Минск: Госстандарт, 2023. — 40 с.

Поступила 02.10.2023

## ПОИСК НОВЫХ ПРОТИВООПУХОЛЕВЫХ СРЕДСТВ СРЕДИ СИНТЕТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ФЛАВОНОИДНОГО РЯДА

Огурцова С. Э., к. б. н., [svetaogurtsova2011@mail.ru](mailto:svetaogurtsova2011@mail.ru),  
Рубинов Д. Б., к. х. н., [rubinov@iboch.by](mailto:rubinov@iboch.by),  
Пашковский Ф. С., к. х. н., [pashkovsky61@mail.ru](mailto:pashkovsky61@mail.ru),  
Тумар Е. М., [helentumar@gmail.com](mailto:helentumar@gmail.com),  
Савин А. О., [savinlabtox@iboch.by](mailto:savinlabtox@iboch.by)

Государственное научное учреждение «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

Среди химических соединений природного и синтетического происхождения можно выделить класс флавоноидов, которые проявляют различные виды биологической активности, в том числе противоопухолевую, что позволяет применять представителей этого класса химических соединений в терапии злокачественных новообразований [1]. Среди этих соединений найдены вещества, оказывающие влияние на активность протеинкиназ, металлопротеиназ, апоптоза, ангиогенеза и клеточного цикла опухолевых клеток [2–4].

В лаборатории химии простагландинов ГНУ «Института биоорганической химии НАН Беларуси» разработаны оригинальные методические подходы к синтезу соединений флавоноидного ряда, проведен виртуальный скрининг соединений, которые могут быть получены по разработанным схемам, на способность к связыванию с рядом противоопухолевых мишеней (HSP90, HER2 и др.), отобраны перспективные кандидаты и осуществлен их последующий синтез для биологических испытаний.

По результатам прескрининга *in vitro*, на стандартных моделях для первичного тестирования потенциальных противоопухолевых соединений — раковых клетках молочной железы человека линии MCF-7 и раковых клетках гепатоцеллюлярной карциномы печени человека линии Hep G2 — найдены четыре вещества: RUB-581, RUB-611, ZEL-133-2R и ZEL-133-3 (рисунок 1), проявившие значимую антипролиферативную активность ( $IC_{50}$ –20–25 мкМ).

Как видно на рисунке 1, в отличие от природных флавоноидов наиболее активные соединения имеют, с одной стороны, неароматический характер цикла А. С другой стороны, в структуре всех указанных соединений в качестве обязательного компонента имеется мезитиленовый фрагмент, при этом в аналогах флавоноидов (RUB-611, ZEL-133-2R, ZEL-133-3) он представлен заместителем в цикле А, а в соединении (RUB-581) он является циклом В. Анализ литературных данных по флавоноидам и изофлавоноидам показывает огромное количество публикаций посвященных их выделению из природных источников, синтезу и исследованию биологической активности. Данные по синтезу и исследованию биологической активности синтетических аналогов флавоноидов и изофлавонов с восстановленным циклом А в литературе отсутствуют.

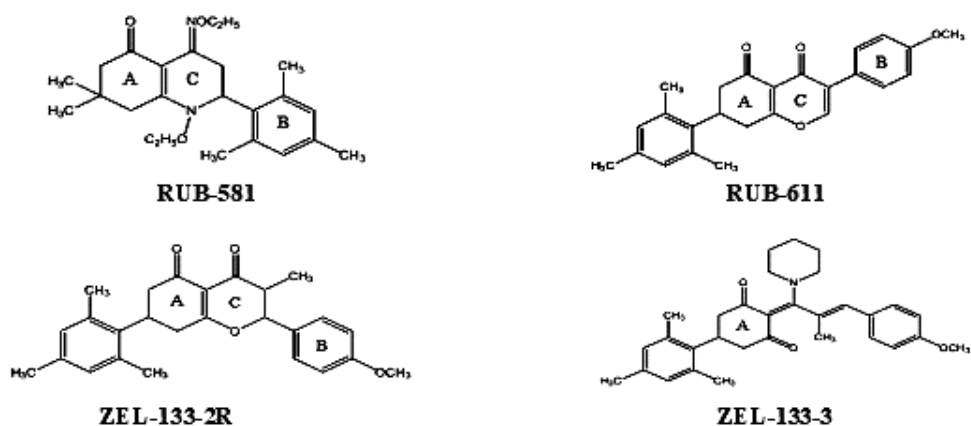


Рисунок 1 – Структуры соединений, проявивших наибольшую цитотоксическую активность в отношении раковых клеточных линий

Цель работы заключалась в изучении противоопухолевой активности новых синтетических соединений флавоноидного ряда на перевиваемых опухолях мышей и отбор наиболее активных по противоопухолевому эффекту соединений.

Экспериментальная оценка противоопухолевой активности проводилась на половозрелых инбредных мышках-самцах линии ICR. Асцитная карцинома Эрлиха (далее — АКЭ) перевивалась лабораторным животным по стандартным общепринятым методикам [5]. Соединения RUB-581, RUB-611, ZEL-133-2R и ZEL-133-3 растворялись в 1%-м крахмальном геле и вводились внутрижелудочно жестким зондом. Соединения вводили ежедневно однократно в течение 5 дней в наиболее эффективных дозах, установленных в предварительных исследованиях, — 250 и 350 мг/кг. Замеры опухоли проводились на 1, 3, 7, 14, 21-е сутки после последнего введения соединений. Контрольные животные получали 1%-й крахмальный гель. Критерием оценки противоопухолевой активности служило торможение роста опухоли (далее — ТРО) подопытных животных по сравнению с контрольными.

Торможение роста опухоли вычисляли по формуле (1):

$$\text{ТРО (\%)} = (V_k - V_o) / V_k \times 100, \quad (1)$$

где  $V_k$  — средний объем опухолей в контрольной группе, мм<sup>3</sup>;

$V_o$  — средний объем опухолей в опытной группе, мм<sup>3</sup>.

Объем ( $V$ ) вычисляли путем произведения трех максимально взаимно перпендикулярных размеров опухоли (длина —  $L$ , ширина —  $S$ , высота —  $H$ ) у каждого животного.

Минимальный критерий активности — ТРО  $\geq$  50%.

Опытные и контрольные группы формировали из 8–10 мышей.

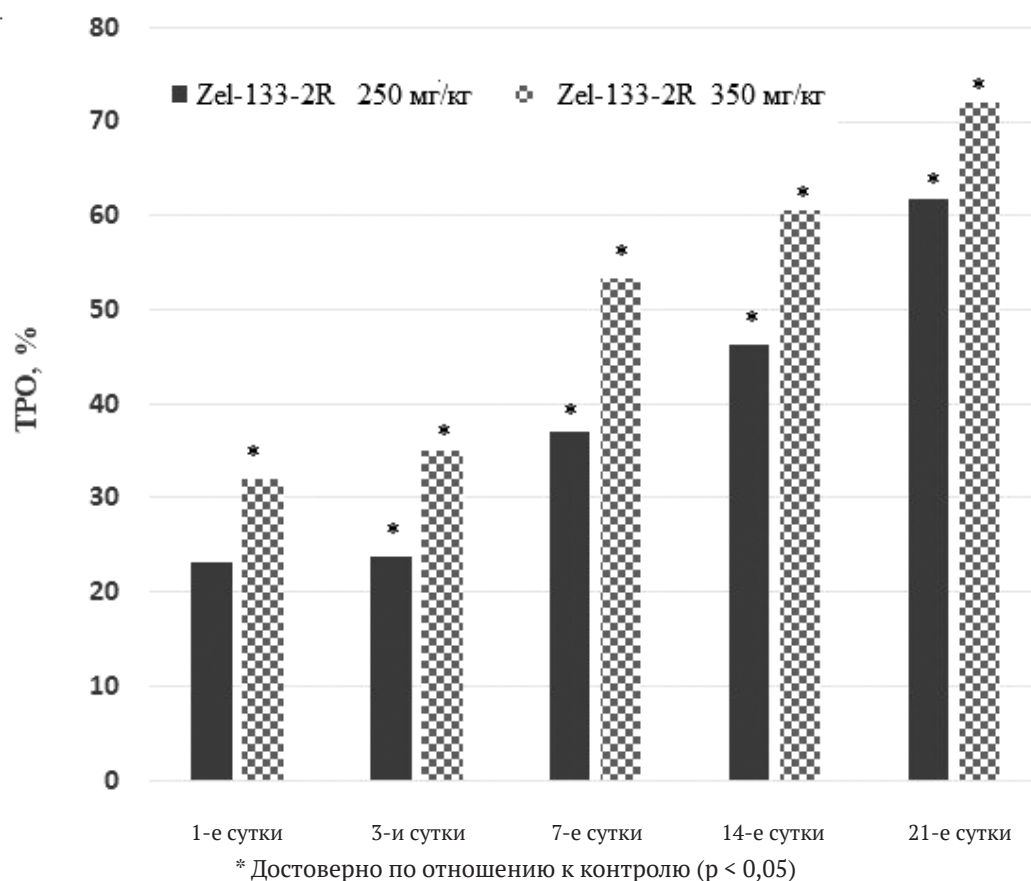
Статистическая значимость противоопухолевого эффекта по отношению к животным группы контроля определялась по методу Фишера — Стьюдента. Различия между сравниваемыми группами считались статистически достоверными при  $p \leq 0,05$ .

Проведена первичная оценка противоопухолевой активности 4 синтезированных синтетических соединений флавоноидного ряда RUB-581, RUB-611, ZEL-133-2R и ZEL-133-3 в отношении асцитной карциномы Эрлиха на мышках-опухоленосителях линии ICR. Анализ противоопухолевой активности соединений флавоноидного ряда в отношении перевиваемой модели опухолевого роста мышей выявил зависимое от дозы лечения умеренное торможение роста опухоли АКЭ по сравнению с контрольной группой животных. Соединения с разными заместителями показали эффект разной степени активности.

Так, показано, что соединение RUB-581 в дозе 250 мг/кг проявило слабую противоопухолевую активность, близкую к минимальному критерию эффективности. Максимальный противоопухолевый эффект RUB-581 выявлен в дозе 350 мг/кг при пероральном введении на 3-й день после перевивки опухоли: ТРО = 42%. В последующие сроки наблюдения эффективность лечения уменьшалась.

При введении соединения RUB-611 в дозе 250 мг/кг противоопухолевая активность наблюдалась на 3-и сутки после последнего введения (ТРО = 21%), в последующие сроки наблюдалось снижение данного показателя: так, на 14-е сутки ТРО составило 9%, на 21-е сутки — 5%. При введении соединения RUB-611 в дозе 350 мг/кг максимальное значение ТРО отмечалось на 3-и сутки после последнего введения соединения — 27%, а в последующие сроки наблюдения значения показателя ТРО также снижались.





**Рисунок 2 – Противоопухолевая активность соединения ZEL-133-2R при в/ж введении мышам линии ICR с привитой асцитной карциномой Эрлиха**

Результаты, полученные на модели асцитной карциномы Эрлиха, показали, что соединение ZEL-133-3 обладает противоопухолевой активностью, которая не соответствует рекомендуемому критерию эффективности. Показано, что расчетные значения показателя ТРО в дозе 250 мг/кг на 1, 7 и 14-е сутки после последнего введения ZEL-133-3 составили 30 %, 42 % и 7 % соответственно. Введение ZEL-133-3 в дозе 350 мг/кг не оказало ингибирующего эффекта на рост опухоли на модели АКЭ. На 7-е и 14-е сутки показатели ТРО составили отрицательные значения.

На рисунке 2 представлены результаты исследования противоопухолевой активности ZEL-133-2R в дозах 250 и 350 мг/кг после пятикратного внутрижелудочного введения на модели асцитной карциномы Эрлиха по показателю ТРО. Показано, что расчетные значения показателя ТРО в дозе 250 мг/кг на 1, 7, 14 и 21-е сутки после последнего введения ZEL-133-2R составили 23 %, 37 %, 46 % и 62 % соответственно. Наиболее значимый ингибирующий эффект на рост опухоли выявлен при введении ZEL-133-2R в дозе 350 мг/кг. Так, на 7-е сутки после окончания введения ZEL-133-2R значение показателя ТРО составило 53 %, на 14-е сутки ТРО = 61 % (p < 0,05), а на 21-е сутки – 72 %.

Таким образом, в результате первичного отбора *in vivo* как наиболее активное в противоопухолевом отношении отобрано соединение ZEL-133-2R. Результаты исследования указывают на целесообразность дальнейшего изучения противоопухолевой активности соединения ZEL-133-2R на других перевиваемых опухолях мышей, при других режимах и способах введения.

Проведенные исследования показали перспективу использования новых соединений флавоноидного ряда, содержащих восстановленный цикл А и мезитиленовый фрагмент в структуре молекулы в качестве потенциальных противоопухолевых средств.

## Литература

1. Mutha, R. E. Flavonoids as natural phenolic compounds and their role in therapeutics: an overview / R. E. Mutha, A. U. Tatiya, S. J. Surana // Future J. Pharm. Sci. — 2021. — Vol. 7. — P. 7–25.
2. A review on anticancer profile of flavonoids: sources, chemistry, mechanisms, structure-activity relationship and anticancer activity / S. Shah [et al.] // Curr. Drug Res. Rev. — 2023. – Vol. 15. — P. 122–148.

3. *Rodriguez-Garcia, C.* Dietary flavonoids as cancer chemopreventive agents: an updated review of human studies / C. Rodriguez-Garcia, C. Sanchez-Quesada // *Antioxidants*. — 2019. — Vol. 8. — P. 137–163.
4. *Kopustinskiene, D. M.* Flavonoids as Anticancer Agents / D. M. Kopustinskiene, V. Jakstas, A. Savickas // *Nutrients*. — 2020. — Vol. 12. — P. 457–480.
5. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств / редкол.: А. Н. Миронов (пред.) [и др.]. — М.: Гриф и К, 2012. — 944 с.

Поступила 06.09.2023

## **ОСОБЕННОСТИ БЕЛКОВОГО ПРОФИЛЯ ПЛАЗМЫ КРОВИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ ЭКСПОЗИЦИИ АЛЮМИНИЕМ, ФТОРОМ И БЕНЗ(А)ПИРЕНОМ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕГАТИВНЫХ ЭФФЕКТОВ СО СТОРОНЫ КРИТИЧЕСКИХ ОРГАНОВ И СИСТЕМ ЧЕЛОВЕКА**

*Пескова Е. В., peskova@fcrisk.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Пермь, Россия

Постгеномные технологии обеспечили широкомасштабные фундаментальные исследования живых систем, а именно изучение структурно-функциональной организации генома, ее малых молекул и белков. Так как белковые профили одних и тех же тканей у различных видов живых организмов более сходны, чем белки органов одного вида, проведение экспериментальных исследований для изучения изменений протеомного профиля модельных организмов при воздействии токсических химических веществ становится актуальным. Полученные результаты являются уникальным инструментом, позволяющим изменения, выявленные на животных, экстраполировать на человека. Благодаря этому появились возможности построения реалистичных и прогностических моделей для оценки и прогнозирования рисков для здоровья человека, связанных с воздействием различных химических факторов окружающей среды.

Цель исследования — выявление особенностей белкового профиля плазмы крови лабораторных животных при хронической экспозиции алюминия, фтором и бенз(а)пиреном в экспериментальных исследованиях для прогнозирования негативных эффектов со стороны критических органов и систем человека.

В качестве биологической модели в исследовании использовали самцов и самок белых крыс линии Wistar. Экспериментальных животных разделили на 5 групп по 6 особей в каждой. В опытную группу 1 вошли животные, получавшие ингаляционно аэрозоль водной суспензии оксида алюминия; в опытную группу 2 — фторид-иона; в опытную группу 3 — бенз(а)пирена. В группу 4 включены животные, подвергавшиеся ингаляционному воздействию изучаемых химических веществ в комбинации, соответствующей дозам веществ при их изолированном воздействии. В контрольную группу вошли крысы, не подвергавшиеся ингаляционному воздействию изучаемых химических веществ и содержащиеся в аналогичных условиях. Период проведения эксперимента составил 180 дней (хроническое воздействие). Моделирование ингаляционного поступления вещества в организм экспериментальных животных осуществляли в ингаляционной системе с интегрированным программным обеспечением с использованием камеры для всего тела (TSE Systems GmbH, Германия). Концентрации изучаемых веществ в камере эквивалентны установленной реальной хронической аэрогенной экспозиции для годового периода осреднения для населения, проживающего в зоне размещения объектов металлургического производства (среднесуточная концентрация алюминия — 0,0004 мг/м<sup>3</sup>, фтора — 0,002 мг/м<sup>3</sup>, бенз(а)пирена — 0,000002 мг/м<sup>3</sup>). Экспериментальные исследования на биологической модели осуществляли в соответствии с требованиями Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных или в иных научных целях (ETS № 123), и этического комитета ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (протокол заседания № 2 от 11.02.2021).

Химико-аналитическое исследование мочи экспериментальных животных на содержание алюминия выполнено в соответствии с МУК 4.1.3589-19 методом масс-спектрометрии с индуктивно

связанной плазмой на масс-спектрометре Agilent 7500cx (Agilent Technologies, США). Концентрацию фторид-иона в моче измеряли с использованием ионселективного электрода в соответствии с МУК 4.1.773-99 на иономере лабораторном И-160М (ООО «Антех», Беларусь); бенз(а)пирена в крови — на жидкостном хроматографе с флуориметрическим детектором (Agilent Technologies, США) в соответствии с МУК 4.1.3040-12.

Полученные пептидные образцы (плазма крови) крыс опытных и контрольной групп подвергали протеомному исследованию. С помощью системы PROTEAN I12 IEF System и камеры Protean II xi 2D cell выполнен анализ полученных пептидных образцов. Визуализация полученных электрофореграмм проводилась с использованием щелочного метода окраски серебром. С помощью системы для документирования гелей GeLDoc XR проведен анализ полученных изображений с определением интенсивности белковых пятен. Программный комплекс PDQuest использовали для сравнительного анализа полученных белковых профилей пептидных образцов исследуемых групп. Для дальнейшего анализа выделяли и вырезали значимые белковые пятна, имеющие достоверные различия между группами животных. Далее проводили их масс-спектрометрический анализ для определения аминокислотных последовательностей фрагментов индивидуальных белков на хроматографе UltiMate 3000 и тандемном масс-спектрометре ABSciex 4000 QTRAP с источником ионизации Nanospray 3. Полученные последовательности обрабатывали с помощью программы ProteinPilot (AB SCIEX), с выборкой по таксону *Rattus norvegicus* (Rat). Поиск белков по набору масс пептидов проводили в программе Mascot.

С помощью программы Statistica 10 осуществляли статистическую обработку полученных данных. Сравнительную оценку полученных результатов у животных опытных групп выполняли относительно аналогичных показателей контрольной группы. Критерий Манна — Уитни ( $U$ ,  $p \leq 0,05$ ) применялся для выявления статистической значимости различий переменных между группами. С помощью построения математических моделей линейной регрессии проводили оценку причинно-следственных связей между изменением интенсивности белковых пятен и концентрацией изучаемых химических веществ в биосредах. Достоверность и адекватность полученных моделей оценивали на основе дисперсионного анализа с использованием F-критерия Фишера, коэффициента детерминации ( $R^2$ ) и достоверности причинно-следственной связи ( $p \leq 0,05$ ).

Основную информацию о полученных белках и их функциональных характеристиках экстрагировали из баз данных UniProt и The Gene Ontology. Информацию о генах, кодирующих выявленные белки, получали с помощью ресурса Rat Genome Database. Данные об экспрессии белков в тканях и органах извлекали с помощью биоинформационной платформы Tissue expression database. Описание отношений в системе «фактор экспозиции (маркер экспозиции) — белок — ген, кодирующий его экспрессию — заболевание» проводили с использованием информационных ресурсов Comparative Toxicogenomics и DisGeNET.

По результатам экспериментальных исследований установлено, что средняя концентрация алюминия в моче при изолированном воздействии составила  $0,057 \pm 0,029$  мг/дм<sup>3</sup>, при комбинированном —  $0,019 \pm 0,010$  мг/дм<sup>3</sup>, что в 1,2 и 3,6 раза выше, чем в группе контроля ( $0,016 \pm 0,013$  мг/дм<sup>3</sup>;  $p = 0,008-0,047$ ). Концентрация фторид-иона в моче крыс опытной группы при изолированной экспозиции составила  $6,800 \pm 4,362$  мг/дм<sup>3</sup>, что в 19,2 раза выше, чем в группе контроля ( $0,354 \pm 0,171$  мг/дм<sup>3</sup>;  $p = 0,003$ ). В группе, подвергающейся комбинированной экспозиции, концентрация фторид-иона составила  $2,072 \pm 0,752$  мг/дм<sup>3</sup>, что в 5,8 раза выше, чем в контрольной группе ( $p = 0,0001$ ). Средняя концентрация бенз(а)пирена в крови крыс, подверженных комбинированной экспозиции, составила  $0,0002 \pm 0,000$  мг/дм<sup>3</sup>, изолированной экспозиции —  $0,00001 \pm 0,000$  мг/дм<sup>3</sup>, в то время как в крови крыс контрольной группы содержание данного вещества не обнаружено ( $p = 0,000-0,008$ ). Полученные данные свидетельствуют о более выраженной степени бионакопления в организме фторид-иона и алюминия при изолированном, чем при комбинированном поступлении, в то время как при изолированном действии бенз(а)пирен обладает меньшей степенью бионакопления в крови, чем при комбинированном. Можно предположить, что данные химические вещества при комбинированном воздействии могут влиять на кинетику поступления, превращения и выведения друг друга, а также быть конкурентными и неконкурентными антагонистами.

Представленные химические вещества при совместном аэрогенном воздействии на организм могут выступать в качестве триггеров процессов нарушения гомеостаза, дегенерации и гибели клеток, следствием чего может являться развитие функциональных нарушений со стороны органов дыхания, нервной и костной систем и онкопролиферативных процессов. Алюминий является основным нейротоксикантом, воздействуя на центральную нервную систему и вызывая в конечном счете апоптоз нейронов. При поглощении избыточного количества фтора индуцируется окислительный стресс и перекисное окисление липидов, изменяется внутриклеточный гомеостаз и кле-

точный цикл, нарушается связь между клетками и передачей сигнала. Обнаружено, что фтор способен влиять на синтез воспалительных факторов, метаболизм нейротрансмиттеров, активацию микроглии и экспрессию белков, участвующих в созревании нейронов. Бенз(а)пирен способен вызывать пролиферацию клеток и окислительный стресс, вмешиваться в передачу сигналов пути, участвующего в  $Ca^{2+}$  гомеостазе и регулировании эпидермального фактора роста.

В результате денситометрического измерения и сравнительного анализа протеомных карт плазмы крови животных установлено, что интенсивность 15 белковых пятен достоверно отличалась между крысами опытной группы при изолированном воздействии алюминия, 13 белковых пятен при изолированном воздействии фтора и 11 белковых пятен при изолированном воздействии бенз(а)пирена относительно аналогичных показателей контрольной группы. При комбинированной экспозиции выявлено 23 белковых пятна, достоверно различающихся между опытной группой 4 и контрольной группой.

Масс-спектрометрическая идентификация белковых пятен всех групп показала, что они соответствуют 40 белкам библиотечного масс-спектра программы «Mascot». Из них 8 белков (Фактор элонгации 1- $\gamma$ ; Белок 9, содержащий ассоциативный домен Ras; Нейросекреторный белок VGF; Белок SEC22b, транспортирующий везикулы; Тенеурин-2; фактор фон Виллебранда; Аполипопротеин А-I; Транстриретин) встречаются как минимум в двух группах, имеют достоверные различия между опытными и контрольной группой ( $p = 0,000-0,002$ ), и изменение их интенсивности связано с повышенным содержанием изучаемых химических веществ в биосредах.

Белок Фактор элонгации 1- $\gamma$  (ген Eef1g) участвует в закреплении комплекса белков с другими клеточными компонентами. Белок 9, содержащий ассоциативный домен Ras (ген Rassf9), играет роль в регуляции везикулярного транспорта в клетках. Нейросекреторный белок VGF (ген Vgf) играет множество ролей в нейрогенезе и нейропластичности, связанных с обучением, памятью, депрессией и хронической болью. Белок SEC22b (ген Sec22b) участвует в нацеливании и слиянии транспортных везикул, происходящих из эндоплазматического ретикулума, с комплексом Гольджи. Тенеурин-2 (ген Tenm2) участвует в развитии нервной системы, регулируя установление правильных связей. Белок фактор фон Виллебранда (ген Vwf) способствует адгезии тромбоцитов к местам повреждения сосудов, образуя молекулярный мостик между субэндотелиальным коллагеновым матриксом и рецепторным комплексом тромбоцитов.

Из 8 выявленных белков только 2 встречаются во всех исследуемых группах: Аполипопротеин А-I и Транстриретин. Установлены достоверные причинно-следственные связи увеличения интенсивности белковых пятен, в состав которых входят данные белки, от повышения содержания изучаемых химических веществ как при их комбинированном, так и при изолированном воздействии ( $F = 6,24-23,44$ ;  $R^2 = 0,44-0,92$ ;  $p = 0,0023-0,037$ ).

Аполипопротеин А-I является основным белковым компонентом липопротеинов высокой плотности (далее — ЛПВП) в плазме крови. Ключевыми биологическими процессами, в которых данный белок принимает участие, являются метаболизм холестерина, стероидов и стерола, транспорт молекул и липидов. Экспрессируется данный белок преимущественно в клетках печени, кишечника и сердца. Являясь кофактором для лецитинхолестерин-ацилтрансферазы, для образования большинства эфиров холестерина в плазме, он способствует его оттоку из тканей в печень для экскреции [1]. Сообщается, что связывание Аполипопротеина А-I с бета-амилоидом может влиять на морфологию амилоидных агрегатов, что защищает нейроны от окислительного стресса и нейротоксичности [2]. По последним сведениям, данный белок также ассоциирован с риском развития остеопороза [3]. Изолированное действие веществ в данном исследовании имеет более выраженное влияние на увеличение экспрессии белка Аполипопротеин А-I по сравнению с комбинированным воздействием смеси изучаемых веществ. Аполипопротеин А-I у человека является маркером развития атеросклероза, гипертонии, нарушения метаболизма липопротеидов и ожирения.

Транстриретин в основном известен своей ролью белка-носителя тироксина и ретинола. Ключевым биологическим процессом данного белка является транспорт молекул. Основными местами синтеза, в которых Транстриретин имеет повышенную экспрессию, являются щитовидная железа, печень, головной и спинной мозг. Хотя физиологическая роль Транстриретина еще полностью не определена, появляется все больше данных, свидетельствующих о том, что он может иметь дополнительные важные функции помимо наиболее общепризнанной роли транспортера. Данные исследований свидетельствуют о важной активности Транстриретина в сохранении и регуляции функции памяти и поведения. Он играет важную роль в защите от нейродегенерации, а также нейропротекции в ответ на ишемическое повреждение, регенерации нервов и стимулировании роста аксонов как в нейронах периферической нервной системы, так и в центральной нервной системе [4]. Обращает на себя внимание, что небольшая часть Транстриретина плазмы переносится ЛПВП посредством

связывания с Аполипопротеином А-I. Выявлено, что Транстиретин способен расщеплять карбоксильный терминальный домен Аполипопротеина А-I, что снижает отток холестерина [5]. Интенсивность белкового пятна, в состав которого входит белок Транстиретин, имеет более выраженное увеличение при комбинированном воздействии изучаемых веществ. Изменение уровня экспрессии белка Транстиретин у человека связано с повышенным риском развития туннельного синдрома, кардиомиопатии, транстиретинового и сердечного амилоидозов.

Результаты исследования показали, что длительная аэрогенная экспозиция оксидом алюминия, фторид-ионом и бенз(а)пиреном обуславливает увеличение содержания данных веществ в биосредах животных до 19,2 раза при их изолированном воздействии и до 5,8 раза при их комбинированном воздействии относительно аналогичных показателей у контрольной группы. Выявлена трансформация протеомного профиля плазмы крови, проявляющаяся в виде изменения интенсивности белковых пятен, связанная с ингаляционной экспозицией изучаемыми химическими веществами. Масс-спектрометрическая идентификация белковых пятен показала, что из 8 выявленных белков только 2 белка встречаются во всех исследованных протеомных профилях: Аполипопротеин А-I и Транстиретин. Предполагаемые виды негативных эффектов, биохимические механизмы развития которых связаны с изменением экспрессии данных белков, связаны с нарушением метаболизма липопротеидов, ожирением, развитием атеросклероза, гипертонии, туннельного синдрома, кардиомиопатии, амилоидоза. Полученные данные расширяют теоретические представления о механизмах токсического действия химических веществ на клеточно-молекулярном уровне для прогнозирования негативных эффектов со стороны критических органов и систем человека.

### Литература

1. Higher serum VGF protein levels discriminate bipolar depression from major depressive disorder / S. Chen [et al.] // *J. Neurosci. Res.* — 2019. — Vol. 97, № 5. — P. 597–606.
2. *Mangaraj, M.* Apolipoprotein A-I: A Molecule of Diverse Function / M. Mangaraj, R. Nanda, S. Panda // *Indian J. Clin. Biochem.* — 2016. — Vol. 31, № 3. — P. 253–259.
3. *Sun, X.* Association of apolipoprotein A1 with osteoporosis: a cross-sectional study / X. Sun, X. Wu // *BMC Musculoskelet Disord.* — 2023. — Vol. 24, № 1. — P. 157.
4. A Narrative Review of the Role of Transthyretin in Health and Disease / M. A. Liz [et al.] // *Neurol. Ther.* — 2020. — Vol. 9, № 2. — P. 395–402.
5. *Vieira, M.* Transthyretin: a multifaceted protein / M. Vieira, M. J. Saraiva // *Biomol. Concepts.* — 2014. — Vol. 5, № 1. — P. 45–54.

Поступила 06.10.2023

## ДОЗА СИСТЕМНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И БИОМАРКЕРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПАРАБЕНОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

*Петрова С. Ю., к. м. н., petrova524a@mail.ru,*  
*Ильюкова И. И., к. м. н., toxlab@mail.ru,*  
*Гомолко Т. Н., tgomolko@mail.ru.*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

При пероральном введении парабены быстро всасываются, метаболизируются и выводятся из организма. Метаболические реакции и превращения у млекопитающих варьируются в зависимости от длины цепи сложного эфира, вида животных, пути введения и количества тестируемого вещества. Скорость выведения метаболитов снижается с увеличением молекулярной массы сложного эфира.

Французские ученые исследовали профили всасывания, распределения, метаболизма и выведения [ $^{14}\text{C}$ ]-метил-, пропил- или бутилпарабена после однократных пероральных, кожных или подкожных (бутилпарабен) доз 100 мг/кг крысам Sprague-Dawley. Значения максимальной концентрации в плазме после перорального введения были в 4–10 раз выше по сравнению с соответствующими значениями после нанесения на кожу. Пик концентрации отмечен через 0,5; 2 или 8 ч соответственно после перорального, подкожного введения или нанесения на кожу. Метилпарабен вызывал более высокие уровни максимальной концентрации в крови по сравнению с таковыми у пропил- и бутил-

парабена. После перорального или подкожного введения преобладала экскреция с мочой (более 70 %, в основном в течение первых 24 часов), менее 4 % выводилось с калом, 2 % оставалось в тканях.

После нанесения на кожу более 50 % дозы не абсорбировалось, 14–27 % выводились с мочой или калом. В целом парабены хорошо всасывались после перорального и подкожного введения и частично всасывались после нанесения на кожу. Все пути введения давали единственный пик в плазме, соответствующий пику парагидроксibenзойной кислоты (далее — РНВА) [1].

После перорального введения пропилпарабена и метилпарабена белым крысам концентрация этих двух веществ в крови достигала пика в промежутке между 30 минутами и часом после приема дозы, а всасывание было почти полным (88–95 %), при этом всасывание у самок было выше, чем у самцов. Кроме того, было показано, что всасывание зависит от длины цепочки эфира парабена. Схожий профиль всасывания, метаболизма и выведения парабенов был установлен у крыс, собак и кроликов.

В ходе эксперимента установлено, что парабены очень быстро метаболизируются, поскольку только незначительный уровень исходных соединений обнаруживался в крови через несколько минут после приема внутрь, а метаболиты парабена обнаруживались в моче в течение часа после получения веществ.

Независимо от вида изучаемых животных метаболизм парабенов завершался гидролизом до основного метаболита — парагидроксibenзойной кислоты, которая способна конъюгировать с глицином, глюкуроновой кислотой и сульфатом для формирования парагидроксигиппуровой кислоты, парагидроксibenзойного глюкуронида или паракарбоксифенилсульфата. Выводились парабены главным образом с мочой. Отмечено, что более чем 90 % дозы выводилось в течение 24 ч после введения.

Метилпарабен, этилпарабен, пропилпарабен и бутилпарабен вводили группам собак перорально в дозе 1,0 г/кг. Биодоступность всех сложных эфиров, кроме бутилпарабена, составила от 58 до 94 % введенной дозы, при этом чистые эфиры обнаруживались только в головном мозге, селезенке и поджелудочной железе. Накопления парабенов в тканях собак, получавших перорально 1 г/кг/день метилпарабена или пропилпарабена в течение 1 года, не наблюдалось. Скорость выведения сложных эфиров и метаболитов у собак — через 24 часа 96 % дозы выводилось с мочой.

Кролики, которым перорально вводили бутилпарабен (0,4 или 0,8 г/кг, что составляло 2 или 4 ммоль/кг), выделяли 0,2–0,9 % сложного эфира в течение 24 часов. За тот же период было выделено 25–39 % 4-гидроксibenзойной кислоты (далее — 4-НВА), 15–29 % п-гидроксигиппуровой кислоты, 5–8 % п-карбоксифенилглюкуронида, 10–18 % п-гидроксibenзоилглюкуронида и 7–12 % п-карбоксифенилсульфата.

У собак внутривенное введение 50 мг/кг (0,26 ммоль/кг) и пероральное введение 1000 мг/кг (5,148 ммоль/кг) бутилпарабена приводило к обнаружению введенной дозы в моче на 48 и 40 % соответственно в виде конъюгата глюкуроновой кислоты 4-НВА в течение 30 часов. В аналогичном исследовании, в котором собакам вводили внутривенно бутилпарабен в дозе 100 мг/кг (0,515 ммоль/кг), чистый эфир обнаруживался в головном мозге, селезенке и поджелудочной железе, а в печени и почках были обнаружены высокие концентрации метаболитов.

В многочисленных исследованиях *in vitro* и *in vivo* сообщалось о проницаемости бутилпарабена через кожу. В этих исследованиях бутилпарабен обычно проявлял низкое проникновение, задержку в эпидермисе и/или гидролиз в коже [2].

Воздействие парабенов на организм человека может происходить при вдыхании, контакте с кожей и проглатывании, метаболизм может различаться в зависимости от путей воздействия [3].

Кроме того, метаболизм и поглощение через кожу человека могут быть ниже, чем у животных, и существуют индивидуальные различия между людьми в дермальной метаболической способности.

Исследования перорального приема парабенов с участием людей дали результаты, аналогичные полученным в исследованиях на лабораторных животных. После приема метилпарабена внутрь всасывание и метаболизм происходили быстро. Регистрируемый уровень исходного соединения незначителен, РНВА обнаруживалась в крови через 3 минуты после приема, преобладала среди метаболитов в моче и составляла более 50 % принятой дозы в течение 12 ч после введения. Данные биомониторинга показали, что обнаруживалось незначительное количество свободных парабенов, тогда как конъюгаты парабенов, состоящие из глюкуронидов и сульфатэфиров, преобладали как в образцах сыворотки, так и в образцах мочи взрослых пациентов [4].

При этом парабены гидролизировались до п-гидроксibenзойной кислоты, которая конъюгировалась перед экскрецией с мочой, они также выводились в виде интактных сложных эфиров [5]. У людей п-гидроксibenзойная кислота — неспецифический метаболит всех парабенов, и ее конъюгаты в моче не являлись оптимальными биомаркерами воздействия парабенов. Поэтому было

оценено использование свободных и конъюгированных исходных парабе́нов в качестве новых биомаркеров воздействия этих соединений на человека. В результате измерения концентрации в моче метила, этила, н-пропила, бутила (н- и изо-) и бензилпарабе́нов в демографически разнообразной группе из 100 анонимных взрослых были обнаружены метил- и н-пропилпарабе́ны в наивысших средних концентрациях (43,9 нг/мл и 9,05 нг/мл соответственно) в более чем 96 % проб, этилпарабен — в 58 %; бутилпарабен — в 69 % проб преимущественно в конъюгированных формах.

Результаты, демонстрирующие присутствие конъюгатов парабе́нов в моче у людей, позволили сделать вывод, что конъюгированные парабе́ны, состоящие из глюкуроноидов и сульфатэфиров, могут использоваться в качестве биомаркеров воздействия.

По результатам собственных исследований установлено, что доза системного воздействия при пероральном пути поступления парабе́нов для различных возрастных групп населения и плода с учетом типа и частоты использования косметической продукции, концентрации парабе́нов в ней, целевой группы потребителей находилась в пределах от 0,0004 для мужчин до 0,0127 для плода.

С учетом содержания парабе́нов в косметической продукции, площади тела, на которую наносится данная продукция, максимальное количество парабе́нов, поступающих в организм через кожные покровы, приходится на косметическую продукцию, предназначенную для ухода за кожей, также значительный вклад в поступление парабе́нов в организм вносит применение гигиенической моющей продукции.

Доза системного воздействия при трансдермальном пути поступления парабе́нов для различных возрастных групп населения и плода приведена в таблице 1.

Таблица 1 — Доза системного воздействия при трансдермальном пути поступления парабе́нов

Исследуемая группа	Доза системного воздействия, мг/кг массы тела сутки				
	метилпарабен	этилпарабен	пропилпарабен	изобутилпарабен	изопропилпарабен
Мужчины	0,47	0,21	0,09	0,14	0,14
Женщины	0,62	0,28	0,20	0,19	0,19
Подростки	0,80	0,36	0,26	0,24	0,24
Дети до 3 лет	0,05	0,02	0,34	0,02	0,02
Беременные женщины	0,57	0,26	0,02	0,17	0,17
Плод	1,35	0,61	0,24	0,41	0,41

Таким образом, для подтверждения рассчитанной дозы системного воздействия в качестве биомаркеров воздействия парабе́нов по концентрации в моче могут использоваться конъюгированные парабе́ны, состоящие из глюкуроноидов и сульфатэфиров.

## Литература

1. Aubert, N. Systemic exposure to parabens: pharmacokinetics, tissue distribution, excretion balance and plasma metabolites of [<sup>14</sup>C]-methyl-, propyl- and butylparaben in rats after oral, topical or subcutaneous administration / N. Aubert, T. Ameller, J. J. Legrand // Food. Chem. Toxicol. — 2008. — Vol. 50, № 3–4. — P. 445–454.

2. Final Amended Report on the Safety Assessment of Methylparaben, Ethylparaben, Propylparaben, Isopropylparaben, Butylparaben, Isobutylparaben, and Benzylparaben as used in Cosmetic Products // International Journal of Toxicology. — 2008. — Vol. 27, Suppl. 4. — P. 1–82.

3. Assessment of principal parabens used in cosmetics after their passage through human epi-dermis-dermis layers (ex-vivo study) / S. El Hussein [et al.] // Exp. Dermatol. — 2007. — Vol. 16, № 10. — P. 830–836.

4. Использование метил- и пропилпарабена в качестве вспомогательных веществ в лекарственных средствах для перорального применения [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://fenix.help/works/doklad/farmaceuticheskaya-himiya/rnimu/ispolzovanie-metil-i-propilparabena-v-kachestve-vspomoga>. — Дата доступа: 08.10.2021.

5. Quantification of the urinary concentrations of parabens in humans by on-line solid phase extraction-high performance liquid chromatography-isotope dilution tandem mass spectrometry / X. Ye [et al.] // J. Chromatogr. B. Analyt. Technol. Biomed. Life Sci. — 2006. — Vol. 844, № 1. — P. 53–59.

Поступила 13.09.2023

# ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АДЪЮВАНТА НА ОСНОВЕ НЕИОНОГЕННОГО ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА ПОЛИСОРБАТА

Петрова С. Ю., к. м. н., [petrova524a@mail.ru](mailto:petrova524a@mail.ru),  
Ильюкова И. И., к. м. н., [toxlab@mail.ru](mailto:toxlab@mail.ru),  
Гомолко Т. Н., [tgomolko@mail.ru](mailto:tgomolko@mail.ru),  
Клочкова О. П., [olya.klochkova@mail.ru](mailto:olya.klochkova@mail.ru)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Одним из видов адъювантов являются поверхностно-активные вещества (сурфактанты), в том числе и на основе полисорбата — специализированные препараты, повышающие эффективность работы гербицидов, инсектицидов и других средств защиты растений путем улучшения проникновения активного вещества в ткани растений, повышения его удержания на листьях и ускорения впитывания. Вместе с тем данные препараты разрешаются к применению после внесения в Государственный реестр средств защиты растений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь, что предполагает проведение их токсиколого-гигиенической оценки. В связи с этим целью данной работы являлись изучение токсических свойств и классификация адъюванта на основе неионогенного поверхностно-активного вещества полисорбата.

Полисорбат (гексофуранозид, 2-гидроксиэтил 2-дезоксидеокси-3,5-бис-0-(2-гидроксиэтил)-6-0-[2-[[[9E)-1-оксо-9-октадецен-1-ил]окси]этил]-полиоксиэтилен (20)) — прозрачная вязкая жидкость желто-зеленого цвета, со слабым специфическим запахом, молекулярной массой 604,8 г/моль, температурой плавления 98,9 °С, растворимостью в воде 100 г/л — относится к классу оксиэтилированных сорбитанов. Эмпирическая формула  $C_{26}H_{50}O_{10}$ . Структурная формула приведена на рисунке 1.

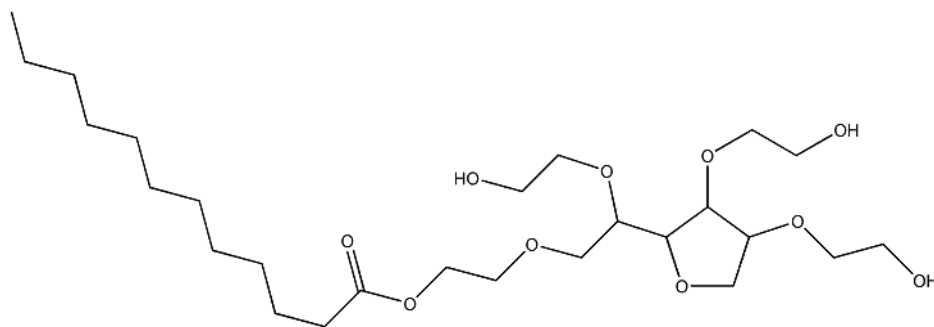


Рисунок 1 — Структурная формула полисорбата

Для выполнения поставленных задач осуществлены экспериментальные исследования на уровне целого организма, отдельных его органов и систем. Исследования проведены в соответствии с техническими нормативными правовыми актами, инструкциями по применению. Обращение с животными соответствовало этическим принципам надлежащей лабораторной практики [1].

Испытательное оборудование и средства измерения, используемые для проведения исследований, приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Испытательное оборудование и средства измерения, используемые для проведения исследований

Наименование оборудования	Заводской номер
Барометр-анероид метеорологический БАММ-1	4960
Комбинированный прибор Testo-608-N1	41341699
Весы электронные OHAUS Pioneer	B.149515149
Весы электронные Radwag мод. APP/35/C/N	420747/14



Наименование оборудования	Заводской номер
Анализатор биохимический Clima MC-15	1352
Анализатор гематологический автоматический серии Mythic (модификация Mythic 18)	104012-005832
Микрометр МК 0–25 мм	030707296

Экспериментальные данные выражали в когерентных единицах СИ. При оценке различий между группами использовали непараметрический U-критерий Манна — Уитни. Количественные параметры представлены в виде медианы (далее — Me) и интерквартильного размаха (далее — 25%; 75%). Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез был принят  $p \leq 0,05$ .

Параметры острой пероральной токсичности определяли в эксперименте на белых беспородных крысах-самцах массой  $220 \pm 10$  г при интрагастральном введении препарата в дозах 6340; 5010; 3980 и 3160 мг/кг. DL<sub>50</sub> составила 4140 (3500–4900) мг/кг.

При нанесении препарата в нативном виде в дозе 2500 мг/кг на кожу гибель животных и выраженные симптомы интоксикации отсутствовали. DL<sub>50</sub> препарата при нанесении на кожу белых крыс составила более 2500 мг/кг, CL<sub>50</sub> установлена расчетным методом и составила 7692 мг/м<sup>3</sup>.

При изучении кожно-раздражающего действия на выстриженные участки кожи спины белых крыс размером 4 × 4 см с правой стороны однократно наносили препарат в дозе 20 мг/см<sup>2</sup> на 4 часа. В качестве контроля использовали выстриженные участки кожи тех же животных с левой стороны спины. После экспозиции остаток препарата удаляли с помощью воды. Кожа каждого животного на месте аппликации после экспозиции осмотрена на наличие кожно-раздражающей реакции через 1, 24, 48 и 72 часа и затем ежедневно. Период наблюдения составил 14 суток.

Препарат при однократном нанесении не оказывал раздражающего действия, кожа на месте аппликации не отличалась от контрольного участка, отека и эритемы не обнаружено.

При однократной инстилляцией препарата в нижний конъюнктивальный свод глаза у трех кроликов отмечено повышенное увлажнение глаза, гиперемия конъюнктивы, у двух из трех кроликов — отек роговицы. Указанные явления сохранялись на протяжении 3 суток, полностью проходили в течение 21 суток, суммарный балл составил 3,24. Следовательно, препарат относится к веществам, обладающим раздражающим действием на слизистые оболочки глаз.

При изучении сенсибилизирующего действия на белых мышах во внутрикожном тесте опухания лапы мыши абсолютный показатель в контрольной группе составил  $0,011 \pm 0,003$  мм, в опытной —  $0,016 \pm 0,003$  мм (при  $p = 0,24$ ), что свидетельствует об отсутствии сенсибилизирующей способности у препарата в условиях проведенного эксперимента.

Кумулятивные свойства препарата изучены при дозозмонотонном внутривенном введении в дозе 414,0 мг/кг в течение одного месяца. Животным контрольной группы внутривенно вводили дистиллированную воду в эквивалентных объемах.

В ходе эксперимента не отмечено гибели и изменения массы тела опытной группы (средняя масса тела составила 237,5 г) по сравнению с контрольными животными (средняя масса тела составила 230 г;  $p = 0,16$ ). Средний прирост массы тела контрольной группы животных составил 19,4%, опытной группы — 22,9%.

При повторном внутривенном поступлении препарата относительные коэффициенты массы печени, почек, сердца, селезенки и надпочечников, количество лейкоцитов, тромбоцитов, эритроцитов и гемоглобина в периферической крови, а также показатели функционального состояния почек не отличались от величин, полученных в контрольной группе животных.

В ходе эксперимента установлено, что внутривенное введение препарата привело к повышению уровня глюкозы, мочевины и активности аланинаминотрансферазы в сыворотке крови. Остальные показатели не отличались от контрольных величин (таблица 2).

Таблица 2 — Биохимические показатели крови белых крыс при внутривенном поступлении препарата, Me (25%; 75%)

Биохимический состав сыворотки	Вариант	
	контроль	препарат
Глюкоза, мМоль/л	7,18 (6,92; 7,34)	7,44 (7,32; 7,76); $p = 0,02^*$
Мочевина, мМоль/л	60,11 (59,95; 69,06)	71,95 (68,03; 73,75); $p = 0,05^*$

Биохимический состав сывотки	Вариант	
	контроль	препарат
Общий белок, г/л	83,65 (80,7; 86,25)	83,95 (82; 85,5); p = 0,96
Креатинин, мкмоль/л	51,14 (48,79; 60,6)	50,55 (49,95; 55,7); p = 0,96
АлаТ, Ед/л	94,05 (90,8; 102,1)	112,1 (108,6; 118,45); p = 0,01*
АсаТ, Ед/л	215,75 (205,9; 225,2)	208,3 (182,8; 223,65); p = 0,37

\* Статистические различия с контролем при p < 0,05.

Экспериментальные данные свидетельствуют, что в условиях повторного 30-суточного внутри-желудочного введения препарата белым крысам в дозе, кратной  $1/10$  DL<sub>50</sub>, кумулятивных эффектов по критерию смертности не выявлено.

Суммарная классификация препарата по опасным для здоровья свойствам, установленным по результатам проведенного эксперимента, при производстве препарата в соответствии с ГОСТ 12.1.007–76 [2], применении [3] и для разработки паспорта безопасности [4] адъюванта на основе неионогенного поверхностно-активного вещества полисорбата приведена в таблице 3.

Таблица 3 — Классы опасностей для здоровья адъюванта на основе неионогенного поверхностно-активного вещества полисорбата

Показатели	ГОСТ 12.1.007–76	Раздел 15 ЕСТ	ГОСТ 32419–2013
Острая токсичность при пероральном поступлении	3	4	5
Острая токсичность при кожном поступлении	4	4	Не классифицируется
Острая токсичность при ингаляционном поступлении	3	3	Не классифицируется
Раздражающее действие на кожные покровы	Не применимо	4	Не классифицируется
Раздражающее действие на слизистые оболочки	Не применимо	3А	2А
Сенсибилизирующее действие на кожные покровы	Не применимо	4	Не классифицируется
Кумулятивность	Не применимо	4	Не применимо

По результатам классификации при разработке паспорта и листа безопасности на адъювант на основе неионогенного поверхностно-активного вещества полисорбата рекомендуем использовать следующую маркировку опасностей для здоровья, разработанную по ГОСТ 31340–2022 [5]:

Символ



Сигнальное слово — Осторожно!

Краткая характеристика опасности:

H319: При попадании в глаза вызывает выраженное раздражение

H303: Может причинить вред при проглатывании

Меры по предупреждению опасности:

Предотвращение:

P264: После работы тщательно вымыть руки / лицо;

P280: Использовать перчатки / спецодежду / средства защиты глаз / лица

Реагирование:

P312: ПРИ ПРОГЛАТЫВАНИИ: При плохом самочувствии обратиться за медицинской помощью.

P305+P351+P338: ПРИ ПОПАДАНИИ В ГЛАЗА: Осторожно промыть водой в течение нескольких минут. Снять контактные линзы, если Вы ими пользуетесь и если это легко сделать. Продолжить промывание глаз;

P337+P313: Если раздражение глаз не проходит, обратиться за медицинской помощью.

На основании анализа результатов проведенных исследований можно сделать заключение о том, что адъювант на основе неионогенного поверхностно-активного вещества полисорбата не оказывает острого токсического действия при нанесении на кожу, не обладает сенсibilизирующим действием, раздражающим действием на кожные покровы, кумулятивными свойствами.

По результатам острого токсического действия при внутрижелудочном и ингаляционном путях поступления, по воздействию на слизистые оболочки присвоены соответствующие классы опасности, на основании которых разработана предупредительная маркировка адъюванта на основе неионогенного поверхностно-активного вещества полисорбата.

## Литература

1. Надлежащая лабораторная практика: ТКП 125–2008(02040). — Введ. 01.05.2008. — Минск: РУП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении», 2008. — 40 с.
2. ГОСТ 12.1.007–76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. — Введ. 01.01.1977 // Система стандартов безопасности труда. — Ч. 1. — Минск, 2008. — С. 183–187.
3. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю): утв. Решением Комиссии таможенного союза 28 мая 2010 г. № 299 (Глава II; Раздел 15. Требования к пестицидам и агрохимикатам). — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902249109>. — Дата доступа: 13.09.2023.
4. ГОСТ 32419–2022. Классификация опасности химической продукции. Общие требования. — Введ. Респ. Беларусь 01.07.2023. — Минск: Госстандарт, 2023. — 40 с.
5. ГОСТ 31340–2022. Предупредительная маркировка химической продукции. Общие требования. — Введ. Респ. Беларусь 01.05.2023. — Минск: Госстандарт, 2023. — 64 с.

Поступила 13.09.2023

## ЭНДОКРИННЫЕ РАЗРУШИТЕЛИ В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

<sup>1, 2</sup>Проскура А. С., *secretary@rosreg.info*,

<sup>1</sup>Тарасова Е. В., к. х. н., *secretary@rosreg.info*,

<sup>1, 2</sup>Хамидулина Х. Х., д. м. н., *director@rosreg.info*

<sup>1</sup>Филиал «Регистр потенциально опасных химических и биологических веществ» Федерального бюджетного учреждения науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

Целью государственной политики Российской Федерации (далее — РФ) в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 г. и дальнейшую перспективу является поддержание допустимого уровня риска негативного воздействия опасных химических и биологических факторов на население и окружающую среду. Проведение надлежащей оценки опасности и риска воздействия химических веществ на здоровье человека невозможно без комплексного учета специфических и отдаленных эффектов, в том числе канцерогенного, мутагенного и репротоксического. Кроме того, в последние годы серьезную озабоченность на национальном, региональном и международном уровнях вызывают химические вещества, оказывающие воздействие на эндокринную систему, включая воздействие на репродуктивное здоровье как мужчин, так и женщин, развитие плода и половое созревание, щитовидную железу, метаболические системы, нервную систему у детей, на развитие форм рака, связанных с нарушением гормонального регулирования. Вместе с тем в настоящее время в РФ и государствах Евразийского экономического союза практически отсутствует нормативно-методическая база по классификации, тестированию и оценке воздействия химических веществ на эндокринную систему.

Цель данной работы — научное обоснование критериев отбора, оценки и классификации опасности химических веществ, воздействующих на эндокринную систему, создание их национального перечня.

Критерии отнесения химических веществ к эндокринным разрушителям сформулированы на основе анализа научных статей, обзоров, монографий, библиографических баз Web of Science, MedLine, EMBASE, Global Health, PubMed, Scopus, РИНЦ, документов ООН и ее структур, таких как ВОЗ, ЮНЕП, ФАО; Организации экономического сотрудничества и развития, ЕАЭС, а также методических и нормативно-правовых актов Европейского агентства по химической безопасности; Международного химического секретариата Chemsec, Швеция; Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов FDA USA, Канадского центра гигиены и безопасности труда, Института математических наук Индии, Национальной программы по токсикологии США TEDX; Международной Сети действий в отношении пестицидов.

Химическое вещество относится к эндокринным разрушителям, если для него установлены следующие характеристики:

— неблагоприятное воздействие на интактный организм или его потомство, вызывающее изменение морфологии, физиологии, роста, развития, воспроизводства или продолжительности жизни организма, системы или (под)популяции, приводящее к нарушению функциональной способности, способности компенсировать дополнительный стресс или повышению восприимчивости к другим воздействиям;

— эндокринный механизм действия, то есть способность изменять функцию(и) эндокринной системы;

— биологическая связь между эндокринной активностью и неблагоприятным эффектом (рак молочной железы, нарушение обменных процессов, сперматогенез, ксеноэстрогенные свойства и т. д.).

С учетом указанных критериев и литературных данных о токсичности химических веществ был сформирован первоначальный перечень потенциальных эндокринных разрушителей, включавший около 1500 наименований. Все вещества были идентифицированы по номерам CAS, областям применения, параметрам острой токсичности, воздействию на эндокринную систему по результатам тестирования с использованием методов *in silico*, *in vitro*, *ex vivo* и *in vivo*, а также клинико-эпидемиологических исследований. Кроме того, каждое вещество оценивалось с позиций его обращения на территории РФ по данным инвентаризации, проведенной Министерством промышленности и торговли РФ в рамках подготовки к реализации ТР ТС 041 «О безопасности химической продукции», обеспеченности гигиеническими нормативами в различных средах согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и/или безвредности для человека факторов среды обитания» (утв. Постановлением Главного государственного врача РФ от 28.01.2021 № 2) и регулирования, включая запрещения и (или) ограничения.

Для оценки воздействия химических веществ на эндокринную систему человека и классификации использовался комплексный подход, включающий методы исследования:

— *in silico*, в том числе прогнозирование токсикологических показателей, характеризующих воздействие на эндокринную систему, с использованием моделей структура-активность (Q)SAR;

— *in vitro*, например, дрожжевой тест на эстроген (дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* и *Arxula adenivorans* и др.);

— *ex vivo*, в том числе анализ связывания с рецепторами эстрогена (цитозоль матки крыс); транс-активация рецепторов андрогенов (клеточная линия AR-EcoScreen™ из яичников китайского хомячка (СНО-K1)); скрининговый анализ стероидогенеза (клеточная линия аденокарциномы человека (клетки NCI-H295R)); анализ связывания рецептора андрогенов (цитозоль предстательной железы крысы); анализ ароматазы (определяет превращение меченого радиоактивным веществом [1-<sup>3</sup>H]-андростендиона в эстрон) и др.;

— *in vivo*, в том числе утеротропный анализ (OECD TG 440); анализ Хершбергера (OECD TG 441); 28-дневное исследование с повторной дозировкой (OECD TG 407); 90-дневное исследование с повторной дозировкой (OECD TG 408); оценка репродуктивной токсичности на одном поколении (OECD TG 415); оценка репродуктивной токсичности на двух поколениях (OECD TG 416) и др.

Литературные данные о токсичности веществ анализировались с учетом информативности метода тестирования и репрезентативности полученных результатов.

Разработанная нами классификация опасности эндокринных разрушителей базируется на принципах Согласованной на глобальном уровне системы классификации и маркировки химической продукции, производится в зависимости от степени проявления и доказанности эффекта и выделяет три класса опасности:

1 класс — химические вещества, в отношении которых установлено воздействие на эндокринную систему человека;

2 класс — предполагаемые эндокринные разрушители;

3 класс — вещества, возможно проявляющие эндокринную активность.

Вещество может быть отнесено к 1 классу опасности, если оно оказывает эндокринно-опосредованные неблагоприятные воздействия на людей или связанные с популяцией эндокринно-опосредованные неблагоприятные воздействия на виды животных, живущих в окружающей среде; имеются данные экспериментальных исследований *in vivo*, подкрепленные другой информацией (например, (Q)SAR, аналоговые и категориальные подходы), подтверждающие эндокринно-опосредованные неблагоприятные воздействия на людей или на виды животных, обитающих в окружающей среде. В рамках 1 класса опасности дополнительно выделены подклассы 1А и 1В, отнесение к которым осуществляется преимущественно на основе данных, полученных на людях/животных, обитающих в окружающей среде, и экспериментальных исследований *in vivo* соответственно. Представителями 1А класса опасности являются бисфенол А, 1,2-дибром-3-хлорпропан и ряд действующих веществ лекарственных препаратов, преимущественно гормональных; 1В класса опасности — перфторированные кислоты и соли, фталаты короткоцепочечные, алкилфенолы, парабены, оловоорганические соединения.

Ко 2 классу опасности отнесены вещества на основе экспериментальных исследований эндокринно-опосредованных неблагоприятных воздействий *in vitro* и *in vivo*, например хлорфенолы, бензофеноны, дитиокарбаматы, ртутьорганические соединения.

К 3 классу опасности отнесены вещества, для которых установлены явные неблагоприятные эффекты на эндокринную систему, обнаруживаемые у беспозвоночных или рыб, которые не могут быть напрямую экстраполированы на млекопитающих и требуют дальнейшего изучения, например некоторые альдегиды (ацетальдегид, бутен-2-аль, лилиаль) и пестициды (додеморф, молинат, цианазин, метамидифос и др.).

Отметим, что в настоящее время в странах ЕС активно внедряются в законодательную базу меры по безопасному обращению эндокринных разрушителей. Делегированным регламентом ЕС 2023/707, вносящим поправки в Регламент CLP, установлены критерии классификации опасности эндокринных разрушителей. Введены 1 и 2 классы опасности по воздействию на эндокринную систему человека и объекты окружающей среды. В течение переходного периода (с 20 апреля 2023 г. по 01 мая 2025 г.) производители, импортеры, потребители и дистрибьюторы могут классифицировать и маркировать свою продукцию по данному виду воздействия на добровольной основе. С 01 мая 2025 г. для новых веществ, поступающих на рынок ЕС, а с 01 ноября 2026 г. для всех веществ требования по классификации и маркировке продукции в отношении воздействия на эндокринную систему становятся обязательными. Для смесей сроки применения требований регламента — 01 мая 2026 г. для новых смесей на рынке ЕС, 01 мая 2028 г. для всех смесей.

Из первоначального списка потенциальных эндокринных разрушителей, содержащего около 1500 наименований, с учетом обращения на территории РФ, выделены 492 химических вещества, из них 19 отнесены к 1А классу опасности, 193 — к классу 1В, 250 — к классу 2 и 32 — к классу 3. Примеры классификации химических веществ с учетом методов исследования и наблюдаемых эндокринно-опосредованных нарушений приведены в таблице 1.

Классифицированные эндокринные разрушители включены в методические рекомендации МР 1.2.0313–22 «Оценка и классификация опасности эндокринных разрушителей», утвержденные руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А. Ю. Поповой 30 декабря 2022 г., а также в проект национального перечня химических веществ, вызывающих обеспокоенность, разработанный Филиалом РПОХБВ ФБУН «ФНЦГ им. Ф. Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, который содержит всего 1480 наименований химических веществ, из них: 630 мутагенов, 320 канцерогенов, 271 репротоксикант, 492 эндокринных разрушителя (полный перечень представлен на официальном сайте РПОХБВ ФБУН «ФНЦГ им. Ф. Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора).

Неопределенности, возникающие при оценке опасности и степени риска воздействия химических веществ, а также неоднозначность трактовки экспериментальных и расчетных данных могут привести к ошибочным интерпретациям в отношении их токсических свойств и, как следствие, к принятию некорректных регуляторных решений. При рассмотрении специфических и отдаленных эффектов особое значение имеет степень доказанности воздействия, зависящая среди прочего не только от информативности и релевантности методов, но и от профессионализма и непредвзятости экспертов, ярким примером чего может служить, например, классификация химических веществ по воздействию на эндокринную систему. Международные организации и научные сообщества,

Таблица 1 — Примеры классификации химических веществ с учетом методов исследования и наблюдаемых эндокринно-опосредованных нарушений

Название, CAS, класс опасности, показатели острой токсичности (DL <sub>50</sub> , CL <sub>50</sub> )	Наблюдаемые эндокринно-опосредованные нарушения
<p><b>Класс опасности 1А</b>                      1,2-Дибром-3-хлор-пропан                      CAS 96-12-8                      170 мг/кг, в/ж, крысы                      100 мг/кг, п/к, крысы                      257 мг/кг, в/ж, мыши                      123 мг/кг, в/б, мыши                      1400 мг/кг, н/к, кролики                      150 мг/кг, в/ж, морские свинки</p>	<p>– клинико-эпидемиологические исследования (на производстве) — нарушение сперматогенеза (морфология, подвижность и количество сперматозоидов);                      – 600 ppb / 6 ч / 76 недель (прерывисто), инг., крысы — опухоли коры надпочечников;                      – 3 ppm / 6 ч / 84 недели (прерывисто), инг., крысы — опухоли коры надпочечников;                      – 15,45 мг/кг / 103 недели (прерывисто), в/ж, крысы — опухоли коры надпочечников;                      – 912,5 мг/кг / 26 недель (прерывисто), п/к, крысы — изменения уровня лютеинизирующего гормона (ЛГ), массы яичек;                      – 4562 мг/кг / 26 недель (прерывисто), п/к, крысы — изменения уровней гонадотропинов, массы простаты;                      – 350 мг/кг / 4 дня (прерывисто), парентерально, крысы — изменение уровня ЛГ, влияние на сперматогенез (морфологию, подвижность и количество сперматозоидов);                      – 350 мг/кг / 4 дня (прерывисто), п/к, крысы — изменение уровней гонадотропинов, андрогенное влияние, влияние на яички, придаток яичка, семявыносящий проток;                      – 1 ppm (≈ 10 мг/м<sup>3</sup>, LOAEC), 0,1 ppm (≈ 1 мг/м<sup>3</sup>, NOAEC), 6 ч / 5 дней в неделю / 14 недель, инг., кролики — атрофия яичек, аномалии сперматозоидов</p>
<p><b>Класс опасности 1В</b>                      2-Этилгексил-3-(4-метоксифенил)проп-2-еноат                      CAS 5466-77-3                      &gt; 2000 мг/кг, в/ж, крысы</p>	<p>– 333 мг/кг/день, в/ж, 5 дней, крысы — влияние на функцию щитовидной железы, снижение уровней ТТГ, Т4;                      – 57,5–275 мг/кг, в/ж, 5 дней, крысы — увеличение массы матки, изменение морфологии влагалища, влияние на экспрессию рецептора прогестерона;                      – 500 мг/кг/день, в/ж, 5 дней, крысы — снижение количества сперматозоидов, снижение уровней эстрадиола, прогестерона и тестостерона;                      – 1000 мг/кг, в/ж, 5 дней, крысы — ожирение</p>
<p><b>Класс опасности 2</b>                      Бензофенон                      CAS 119-61-9                      10000 мг/кг, в/ж, крысы                      2895 мг/кг, в/ж, мыши                      727 мг/кг, в/б, мыши                      3535 мг/кг, н/к, кролики</p>	<p>– установлено ингибирующее действие на активность пероксидазы щитовидной железы <i>in vitro</i>;                      – 900 мг/кг / 3 дня (прерывисто), в/б, крысы — эстрогенное влияние, изменение массы матки;                      – 1200 мг/кг / 3 дня (прерывисто), в/ж, крысы — эстрогенное влияние, изменение массы матки;                      – 100, 450, 2000 ppm, в/ж, крысы — явных признаков воздействия на эндокринную и репродуктивную системы не обнаружено даже при дозе 2000 ppm у родителей F0 или потомства F1 (Руководство ОЭСР 416);                      – 50, 100, 250 мг/кг/день — влияние на метаболизм ксенобиотиков</p>
<p><b>Класс опасности 3</b>                      Бутен-2-аль                      CAS 4170-30-3                      80–300 мг/кг, в/ж, крысы                      104 мг/кг, в/ж, мыши                      324–380 мг/кг, н/к, кролики                      160 мг/кг, в/б, мыши                      300 мг/м<sup>3</sup>, инг., 4 ч, крысы</p>	<p>– 8, 16, 32 мкл/кг, в/б, взрослые мыши-самцы, однократно — статистически значимое увеличение процента аномальных головок сперматозоидов через 1 и 3 недели после введения на уровнях 16 и 32 мкл/кг</p>
<p>Примечания:                      1) в/ж — внутрижелудочный путь поступления;                      2) п/к — подкожное введение;                      3) н/к — накожное нанесение;                      4) в/б — внутрибрюшинная инъекция;                      5) инг. — ингаляционный путь поступления;                      6) ppb — частей на миллиард объема (10<sup>-9</sup>);                      7) ppm — частей на миллион объема (10<sup>-6</sup>);                      8) LOAEC — наименьшая действующая концентрация, при которой эффект начинает обнаруживаться;                      9) NOAEC — самая высокая концентрация вещества, не вызывающая значимых эффектов.</p>	

занимающиеся проблемами химической безопасности, нацелены на наличие четкого и прозрачного механизма принятия решения. Поэтому нам представляется актуальным в дальнейшем разработать научно обоснованный унифицированный алгоритм действия при формировании доказательной базы принимаемых оценок на основе комплексного подхода при классификации эндокринных разрушителей.

Таким образом, в результате проведенной работы были разработаны критерии отнесения химических веществ к эндокринным разрушителям, предложена их классификация на основе Согласованной на глобальном уровне системы классификации опасности и маркировки химической продукции, впервые в РФ с использованием международных баз данных научно обоснован национальный перечень эндокринных разрушителей, включающий 492 позиции (1 класс опасности — 212 веществ, 2 класс опасности — 248 веществ, 3 класс опасности — 32 вещества), который лег в основу методических рекомендаций МР 1.2.0313-22 «Оценка и классификация опасности эндокринных разрушителей», а также выявлены потенциально опасные по данному виду воздействия вещества, требующие дальнейших исследований.

## Литература

1. Предложения по усовершенствованию методической и нормативно-правовой базы РФ в области химической безопасности / Х. Х. Хамидулина [и др.] // Токсикол. вестн. — 2023. — Т. 31, № 4. — С. 214–225.

2. Международные подходы к оценке опасности и классификации эндокринных разрушителей / Х. Х. Хамидулина [и др.] // Гигиена и санитария. — 2021. — Т. 100, № 12. — С. 1372–1376.

3. Оценка и классификация опасности эндокринных разрушителей [Электронный ресурс]: методические рекомендации МР 1.2.0313-22: утв. Гл. гос. санитар. врачом Российской Федерации 30.12.2022. — Режим доступа: [https://rphov.ru/files/MR1\\_2\\_0313%E2%80%9322.pdf](https://rphov.ru/files/MR1_2_0313%E2%80%9322.pdf). — Дата доступа: 04.09.2023.

4. Revised Guidance Document 150 on Standardised Test Guidelines for Evaluating Chemicals for Endocrine Disruption / OECD Series on Testing and Assessment. — Paris: OECD Publishing, 2018. — 692 p.

5. Commission delegated Regulation (EU) 2023/707 of 19 December 2022 amending Regulation (EC) No 1272/2008 as regards hazard classes and criteria for the classification, labelling and packaging of substances and mixtures // Official Journal of the European Union. — 2023. — № L93. — P. 7–39.

Поступила 22.09.2023

## К ВОПРОСУ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ПЕСТИЦИДОВ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

*Ракитский В. Н., д. м. н., профессор, академик РАН, rakitskiyvn@fferisman.ru,  
Чхвиркия Е. Г., д. м. н., профессор, chkhvirkiyaeg@fferisman.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Исследования по разработке максимально допустимых уровней остаточных количеств пестицидов в продуктах питания растительного происхождения включают в себя токсиколого-гигиеническую оценку пестицидов, изучение качества пищевых продуктов, мониторинг уровней фактического загрязнения пищевых продуктов остаточными количествами действующих веществ пестицидов, оценку их реальной опасности (риска) для потребителей [1–3].

В структуре химических загрязнителей окружающей среды, способных оказывать негативное влияние на здоровье населения, удельный вес пестицидов составляет около 3–3,594. В организм человека пестициды могут поступать с продуктами питания (до 80% от допустимой суточной дозы (далее — ДСД) соединения), поэтому ВОЗ рассматривает мониторинг гигиенической безопасности пищевых продуктов как важнейшую подсистему оценки риска для здоровья населения [4, 5].

Пестициды исторически во всем мире с медицинских позиций оцениваются строже, чем другие химические вещества, так как такие их особенности, как преднамеренность внесения в окружающую

среду, возможность контакта с ними больших масс населения, биологическая активность, определяют их потенциальную опасность для человека и его среды обитания [5].

Исследования по разработке гигиенических нормативов максимально допустимых уровней (далее — МДУ) остаточных количеств пестицидов в продуктах питания, полученных при их применении, а также сроков ожидания включают в себя токсикологические исследования по установлению параметров острой, подострой, хронической токсичности, раздражающих свойств, специфических и отдаленных эффектов действия (аллергенность, мутагенность, канцерогенность, эмбрио- и гонадотоксичность, тератогенность, репродуктивность), позволяющих установить класс опасности пестицидов, максимально недействующую дозу и ДСД для человека; гигиенические исследования по изучению толеранции остаточных количеств в продуктах; изучение качества продуктов питания.

Следует отметить, что в России исторически еще со времен СССР обоснование МДУ пестицидов в пищевых продуктах осуществляется в соответствии с принципом комплексного гигиенического нормирования, заключающегося в том, что возможное поступление препарата в организм человека с пищевыми продуктами, водой и атмосферным воздухом не должно превышать величину ДСД соединения для человека.

В отличие от Российской Федерации (далее — РФ) в западных странах (Евросоюз, США и ряд других стран) не учитывается возможное поступление препарата в организм человека с водой и атмосферным воздухом и вся величина ДСД приходится только на возможное поступление препарата в организм человека с пищевыми продуктами.

Необходимо отметить, что, когда речь идет об установлении МДУ в импортируемой продукции для пестицидов, не запрещенных на территории РФ, принцип комплексного гигиенического нормирования не используется, так как отсутствует опасность поступления пестицидов в организм человека с атмосферным воздухом и водой.

В настоящее время, принимая во внимание большое количество импортируемой продукции, при разработке гигиенических нормативов, в первую очередь, МДУ содержания остаточных количеств пестицидов в пищевой продукции, мы исходим из важности гармонизации подходов к данной деятельности с международными организациями.

При этом также руководствуемся положением о возможности экстраполяции МДУ на определенные группы продукции растениеводства, обладающие сходной биологией растений и способностью к накоплению остаточных количеств пестицидов (например, плодовые косточковые, плодовые семечковые, зерно хлебных злаков).

В ходе осуществления работы по токсиколого-гигиенической оценке ранее зарегистрированных препаратов при необходимости, учитывая национальные особенности в структуре потребления ряда пищевых продуктов, вносятся предложения по корректировке принятых еще в СССР гигиенических нормативов, рассматривая при этом действующие документы ФАО/ВОЗ, Комиссии Codex Alimentarius. Вся работа ведется в рамках законодательных и нормативно-методических документов, действующих на территории РФ.

В целях разработки системы обеспечения безопасности пищевых продуктов, получаемых с применением пестицидов, в наших исследованиях была проведена оценка опасности для населения различных пищевых продуктов растительного происхождения (плодовые семечковые и косточковые, овощные, бахчевые, зерновые культуры, кукуруза, соя, подсолнечник, ягоды, грибы), выращенных при применении 43 пестицидов различных химических классов.

При изучении качества исследуемых продуктов в 16,9% проб выявлены статистически достоверные изменения показателей пищевой ценности пищевых продуктов, полученных с использованием препаратов, действующие вещества которых относились к 7 классам (из изученных 26) химических соединений: аналоги стробилурина, нитрометилгетероциклические инсектициды, пиретроиды синтетические, производные бензоилмочевины, фосфорорганические, хинозолины и хлорцетанилиды.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения исследований по изучению показателей пищевой ценности продуктов питания при проведении регистрационных испытаний пестицидов.

Проведена также оценка реального риска изученных пестицидов для населения при поступлении их в организм с указанными выше пищевыми продуктами. Риск для населения развития смертельных и несмертельных острых, подострых и хронических отравлений, специфических и отдаленных эффектов действия, опасность ухудшения санитарного состояния окружающей среды, оцененный по отечественной методике (В. Н. Ракитский, 1979–2000) на основании расчетов соотношений максимальных фактических количеств д. в. пестицидов, которые могут поступить в организм



с изученными продуктами питания, к полученным нами величинам ЛД<sub>peros</sub>, NOEL<sub>subac</sub>, NOEL<sub>ch</sub>, NOEL<sub>sp.ch.</sub>, МДУ/ВМДУ, оценены как допустимые.

В соответствии с международной методологией оценки риска, предлагаемой Агентством по охране окружающей среды США, и отечественным руководством по оценке риска для характеристики риска развития неканцерогенных эффектов рассчитан коэффициент опасности, величина которого находилась в пределах 0,000071–0,1. Для канцерогенных химических веществ (ацетохлор) дополнительная вероятность развития рака у человека на всем протяжении жизни составляла от  $5,5 \times 10^{-8}$  (при поступлении с семенами подсолнечника) до  $4,96 \times 10^{-7}$  (при поступлении с зерном кукурузы). Индивидуальный пожизненный риск в соответствии с рекомендациями ВОЗ (1996–2000) оценен как минимальный.

Таким образом, на основании проведенных исследований по изучению качества пищевых продуктов растительного происхождения для ряда пестицидов были изменены регламенты (снижены нормы расхода, кратности обработок) и технологии применения, скорректированы сроки ожидания. Следует отметить, что в настоящее время требует совершенствования организация лабораторного контроля за уровнем содержания остаточных количеств действующих веществ пестицидов в пищевых продуктах, так как часто анализируются не все применяемые препараты, включая и относящиеся к приоритетным загрязнителям. На основании многолетних гигиенических исследований научно обоснована и апробирована на практике система профилактических мероприятий по предупреждению неблагоприятного воздействия на население остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах растительного происхождения, позволившая повысить эффективность текущего санитарного надзора и обеспечить профилактику нарушений состояния здоровья населения.

## Литература

1. *Потапов, А. И.* Система обеспечения безопасности пищевых продуктов при применении пестицидов / А. И. Потапов, В. Н. Ракитский, Е. Г. Чхвиркия. — М.; Ярославль: Изд-во «Канцлер», 2013. — 165 с.

2. Основы обеспечения безопасного применения пестицидов / В. Н. Ракитский [и др.] // *Здравоохранение Российской Федерации.* — 2020. — Т. 64, № 1. — С. 45–50.

3. *Онищенко, Г. Г.* Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г. Г. Онищенко [и др.]; под ред. Ю. А. Рахманина. — М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. — 408 с.

4. Методические подходы к гигиенической оценке безопасности пищевых продуктов при применении пестицидов / В. Н. Ракитский [и др.] // *Гигиеническая наука и практика на рубеже XXI века*, Москва, 17–19 октября 2001 года. Том 1. — М.: Всерос. науч. об-во гигиенистов и санитарных врачей, 2001. — С. 800–802.

5. *Ракитский, В. Н.* Гигиенические принципы и критерии оценки опасности (риска) пестицидов / В. Н. Ракитский // *Гигиенические аспекты охраны окружающей среды и здоровья населения: сб. науч. тр.* — М., 1999. — С. 169–173.

Поступила 04.09.2023

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА КЛЕТОЧНО-ФАГОЦИТАРНОЙ АКТИВНОСТИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ КРЫС ПРИ ИНТРАТРАХЕАЛЬНОЙ ИНСТИЛЛЯЦИИ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА МЕДИ (II) В СРАВНЕНИИ С ЧАСТИЦАМИ МИКРОРАЗМЕРНОГО ХИМИЧЕСКОГО АНАЛОГА

*Степанков М. С., stepankov@fcrisk.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Пермь, Россия

В настоящее время в различных сферах хозяйственной деятельности человека актуален вопрос повышения качества продукции с одновременным снижением затрат на ее производство. Одним из путей решения данной задачи является внедрение металлических наночастиц (далее — НЧ) в состав продукции и технологические процессы ее производства. НЧ представляют собой объекты раз-

личных форм, размер которых хотя бы в одном измерении соответствует диапазону 1–100 нм. Малый диаметр НЧ обуславливает возникновение квантово-размерных эффектов, благодаря чему наноматериалы обладают адсорбционной активностью, реакционной способностью, электрическими, оптическими, магнитными, механическими и термодинамическими свойствами, не характерными для микроразмерных химических аналогов [1].

Одним из таких наноматериалов являются НЧ оксида меди (II) (далее — CuO). Согласно результатам анализа Research and Markets, мировой рынок НЧ CuO в 2021 г. оценивался в 122,77 млн долларов США. При совокупном среднегодовом темпе роста 25,8 % к 2027 г. прогнозируют увеличение мирового рынка примерно в 4 раза (до 486,62 млн долларов США) [2]. Основным фактором увеличения является активное внедрение НЧ CuO в электроприборостроение из-за их уникальных проводящих свойств, обеспечивающих высокую производительность полупроводниковых устройств, аккумуляторов, компьютерной техники [2]. Кроме этого, НЧ CuO используют в медицине в составе биоцидных и противораковых препаратов; косметологии — в продуктах личной гигиены; сельском хозяйстве — в качестве компонента удобрений и пестицидов; аэрокосмической отрасли — в роли катализатора горения топлива и в составе структурных элементов летательных аппаратов.

Согласно информации, представленной в Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду», критическими при ингаляционном пути поступления в организм микроразмерного CuO являются органы дыхания. Это позволяет предположить, что при ингаляционной экспозиции НЧ органы дыхания также будут являться органами-мишенями. В связи с возрастающими объемами производства и широким спектром применения НЧ CuO, вероятно, обладающих потенциалом токсического действия, возникает актуальность проведения исследования негативных эффектов наноматериала на органы дыхания.

Цель исследования — оценка клеточно-фагоцитарной активности дыхательных путей крыс при интратрахеальной инстилляцией НЧ CuO в сравнении с частицами микроразмерного химического аналога.

В качестве тестируемого материала выбран нанопорошок CuO производства компании Sigma-Aldrich (США). Для выполнения сравнительной оценки использовали порошок микрочастиц CuO (далее — МЧ CuO) производства той же компании. Размер частиц тестируемых материалов в составе порошков определяли методом растровой электронной микроскопии (далее — РЭМ) на сканирующем микроскопе JSM-63090LV (JEOL, Япония). Гидродинамический диаметр частиц в составе водных суспензий измеряли методом динамического лазерного светорассеяния (далее — ДЛС) с помощью анализаторов Horiba LB-550 (Horiba, Япония) и Microtrac S3500 (Microtrac, США). Исследование и оценку удельной площади поверхности частиц CuO выполняли в соответствии с методикой, предложенной Брунауэром, Эмметом и Теллером, суммарного объема пор — Барретом, Джойнером и Халендой на анализаторе ASAP 2020 (Micromeritics, США).

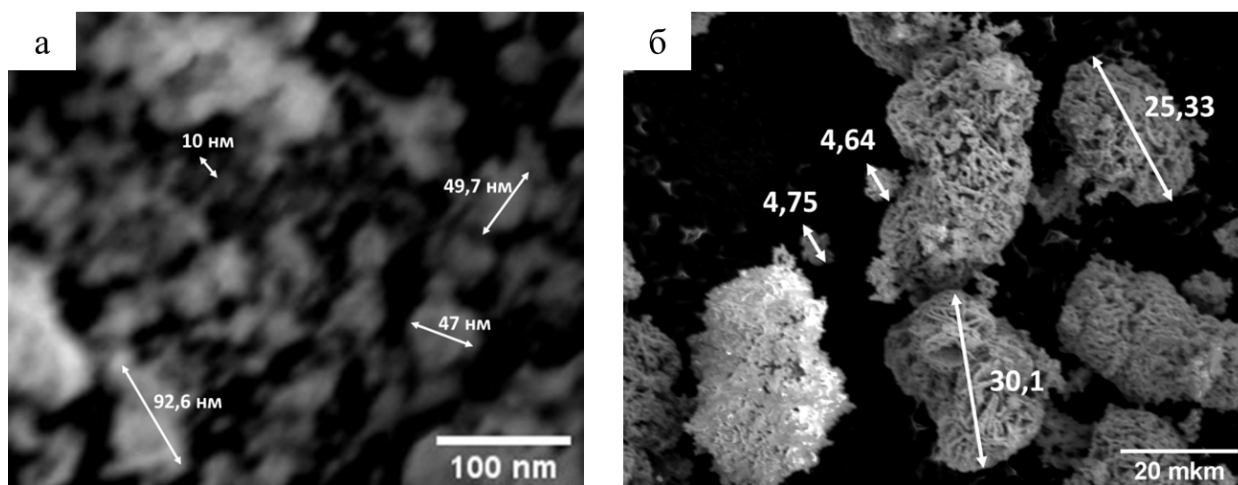
Экспериментальные исследования проводили на крысах линии Wistar массой 180–200 г. Животных разместили в виварном помещении, организованном в соответствии с СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней». Крыс содержали в полиэтиленовых клетках, температуру помещения поддерживали в диапазоне 22–24 °С, относительную влажность воздуха — 44–50 %, цикл день/ночь — 12/12 часов. Крысы имели свободный доступ к пище и чистой воде. Манипуляции с экспериментальными животными проводили в соответствии с требованиями Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных или в иных научных целях (ETS № 123), и этического комитета ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Эксперимент по изучению клеточно-фагоцитарной активности при целенаправленном воздействии НЧ и МЧ CuO на органы дыхания выполнен в соответствии с МР № 01-19/24-17 «Использование клеточных систем „in vitro“ и „in vivo“ для ускорения гигиенической регламентации малорастворимых промышленных аэрозолей». Из крыс, прошедших 14-суточную акклиматизацию, формировали 3 группы по 10 особей: опытная группа подвергалась экспозиции НЧ CuO, группа сравнения — МЧ CuO, контрольная группа — основой суспензий без содержания тестируемых материалов. Суспензии на основе 0,9 % стерильного изотонического раствора натрия хлорида (0,9 % NaCl), содержащие тестируемые материалы в концентрации 0,013 г/см<sup>3</sup>, вводили крысам однократно интратрахеально в объеме 0,4 см<sup>3</sup>/крысу. Количество введенного вещества одной особи составило 0,005 г. Через 24 часа после экспозиции крыс эвтанировали и проводили отбор жидкости бронхоальвеолярного лаважа (далее — БАЛЖ). Мазки для исследования состава клеточной популяции

отобранной жидкости готовили по общепринятой методике. Подсчет клеток осуществляли микро-скопированием иммерсионной системой с увеличением 900х.

Статистическую обработку результатов исследования для выявления различий между экспериментальными группами осуществляли в программе Statistica 10 по U-критерию Манна — Уитни. Различия полученных результатов считали статистически значимыми при  $p \leq 0,05$ .

По результатам исследования физических свойств размер НЧ CuO в порошкообразном виде составил 45,86 нм, что меньше микродисперсного химического аналога в 304,99 раза (13 987 нм) (рисунок 1). Средний гидродинамический диаметр НЧ CuO в водной среде соответствовал 307,40 нм, что в 106,60 раза меньше изучаемого показателя у МЧ CuO (32 770 нм) (рисунок 2). Удельная площадь поверхности НЧ больше, чем у МЧ CuO, в 9,61 раза и составила 17,70 м<sup>2</sup>/г против 1,84 м<sup>2</sup>/г. Суммарный объем пор НЧ CuO равен 0,056 см<sup>3</sup>/г, что в 9,33 раза больше, чем у МЧ CuO (0,006 см<sup>3</sup>/г).

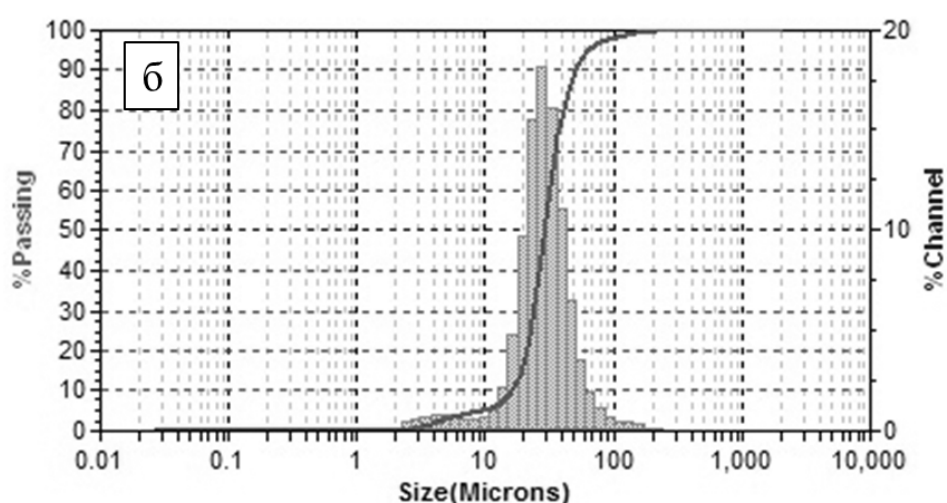
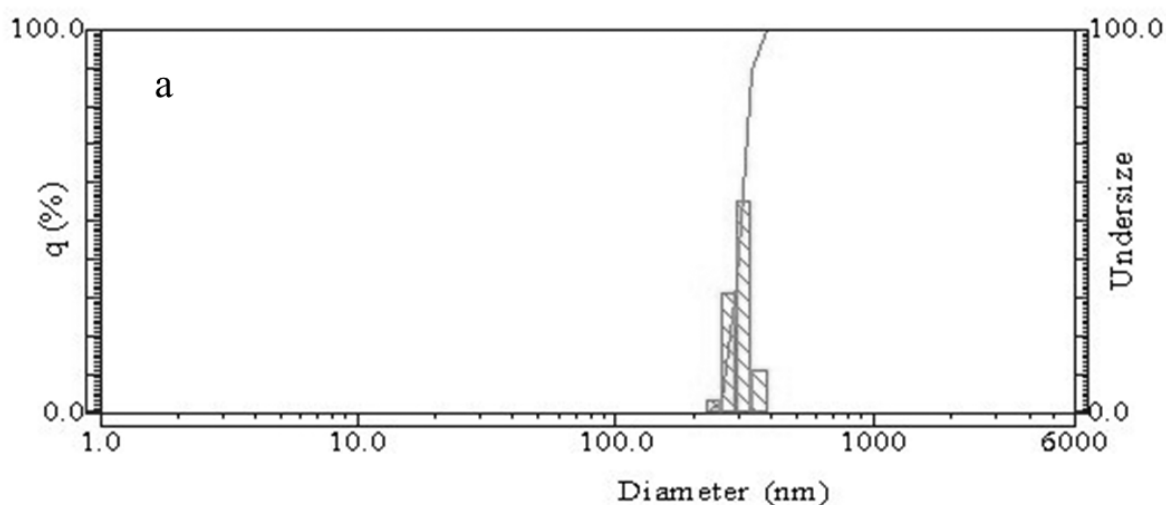


а — наночастицы; б — микрочастицы

Рисунок 1 — Изображение частиц CuO методом РЭМ

При исследовании клеточно-фагоцитарной активности дыхательных путей крыс через 24 часа после интратрахеальной экспозиции НЧ CuO в промывных водах легких относительно контроля установлено увеличение содержания сегментоядерных нейтрофилов в 2,51 раза ( $p < 0,001$ ), альвеолярных макрофагов — в 4,11 ( $p < 0,001$ ); снижение моноцитов — в 6,00 раз ( $p < 0,001$ ), лимфоцитов — в 10,68 раза ( $p < 0,001$ ), соотношения сегментоядерных нейтрофилов к альвеолярным макрофагам — в 1,79 раза ( $p < 0,01$ ). При экспозиции МЧ CuO в сравнении с контролем отмечено повышение относительного числа сегментоядерных нейтрофилов в 2,51 раза ( $p < 0,001$ ), альвеолярных макрофагов — в 1,59 раза ( $p < 0,01$ ); снижение моноцитов — в 2,59 раза ( $p < 0,001$ ), лимфоцитов — в 4,65 раза ( $p < 0,001$ ). Сравнительный анализ показал, что клеточно-фагоцитарная активность при экспозиции НЧ отличается от эффекта, вызванного МЧ, большим относительным числом альвеолярных макрофагов в 2,58 раза ( $p < 0,001$ ), меньшим числом моноцитов — в 2,31 раза ( $p < 0,001$ ), лимфоцитов — в 2,30 раза ( $p < 0,001$ ) и соотношением сегментоядерных нейтрофилов к альвеолярным макрофагам — в 2,52 раза ( $p < 0,001$ ). Результаты исследования клеточно-фагоцитарной активности представлены в таблице 1.

Анализ и обобщение полученных результатов проведенных исследований продемонстрировали, что тестируемый образец CuO по показателям размера, удельной площади поверхности и суммарного объема пор является наноматериалом, с выраженным отличием физических свойств от микро-размерного химического аналога.



а — наночастицы; б — микрочастицы

Рисунок 2 — Результаты измерения гидродинамического диаметра частиц CuO в водной среде

Таблица 1 — Результаты подсчета клеточной популяции в 100 клетках мазка бронхоальвеолярных смывов крыс через 24 часа после интратрахеальной инстилляцией водных суспензий НЧ и МЧ CuO ( $p \leq 0,05$ )

Параметр	Состав клеточной популяции, $M \pm m$		
	экспозиция НЧ	экспозиция МЧ	контроль
Сегментоядерные нейтрофилы, %	$75,6 \pm 0,45^*$	$75,5 \pm 0,37^*$	$30,1 \pm 2,82$
Моноциты, %	$3,2 \pm 0,25^{*,**}$	$7,4 \pm 0,58^*$	$19,2 \pm 1,67$
Альвеолярные макрофаги, %	$15,2 \pm 0,93^{*,**}$	$5,9 \pm 0,32^*$	$3,7 \pm 0,40$
Лимфоциты, %	$4,4 \pm 0,54^{*,**}$	$10,1 \pm 0,35^*$	$47,0 \pm 0,86$
Отношение сегментоядерные нейтрофилы/ альвеолярные макрофаги, у. е.	$5,21 \pm 0,44^{*,**}$	$13,13 \pm 0,69$	$9,34 \pm 1,49$

\* Статистически значимое отличие от контрольной группы;  
\*\* статистически значимое отличие от группы сравнения.

Стабильность наноразмерной фазы НЧ CuO зависит от силы электростатического отталкивания между частицами, которая уменьшается тем сильнее, чем значение pH среды ближе к 6 [3]. В связи с этим вероятно, что НЧ CuO в водной среде, значение pH которой равно 7, притягиваются друг к другу, образуя агрегаты. Это подтверждается результатами измерения гидродинамического

диаметра методом ДЛС, согласно которым размер НЧ CuO в водной среде выше в 6,70 раза относительно значения данного показателя в составе нативного порошка, полученного методом РЭМ. Совокупность физических особенностей НЧ CuO позволяет предположить их большую проникающую способность, а следовательно, более выраженную степень бионакопления и токсических свойств в сравнении с МЧ.

НЧ CuO оказывают большее влияние на состав клеточной популяции в сравнении с МЧ, что проявляется в большем относительном числе альвеолярных макрофагов; меньшем числе моноцитов и лимфоцитов. При воздействии НЧ CuO наблюдается более выраженное уменьшение соотношения сегментоядерных нейтрофилов к альвеолярным макрофагам по сравнению с воздействием микро-размерного химического аналога. Данное отличие обусловлено возрастающим относительным числом альвеолярных макрофагов при одинаковой доле нейтрофилов. Известно, что число альвеолярных макрофагов зависит от количества попавших в легкие частиц, и при равной дозе оно тем выше, чем меньше диаметр частиц [4]. В связи с чем при поступлении в легкие меньших по размеру НЧ организму необходимо повысить эффективность механизма клиренса, что происходит за счет усиленной мобилизации альвеолярных макрофагов и нейтрофилов. Кроме этого, увеличение числа данных клеток позволяет распределить цитотоксическую нагрузку за счет снижения числа поглощенных частиц одной клеткой [4]. В целом увеличение содержания альвеолярных макрофагов и сегментоядерных нейтрофилов характерно для развития нейтрофильного варианта острой воспалительной реакции [5].

Таким образом, согласно результатам выполненных исследований, НЧ и МЧ CuO при однократной интратрахеальной экспозиции в количестве 0,005 г влияют на клеточно-фагоцитарную активность дыхательных путей крыс, вызывая изменения состава клеточной популяции в жидкости БАЛЖа. Установленные изменения соответствуют развитию воспалительной реакции нейтрофильного типа. Более выраженный характер изменений у крыс опытной группы относительно группы сравнения (увеличение относительного числа альвеолярных макрофагов, уменьшение относительного числа моноцитов, лимфоцитов, соотношения сегментоядерных нейтрофилов к альвеолярным макрофагам) указывает на большую степень токсичности НЧ CuO в сравнении с МЧ CuO. Полученные результаты необходимо учитывать при разработке мер, направленных на профилактику развития негативных эффектов со стороны органов дыхания при ингаляционном поступлении в организм изучаемого наноматериала.

## Литература

1. *Онищенко, Г. Г.* Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических факторов / Г. Г. Онищенко, Н. В. Зайцева, М. А. Землянова; под ред. Г. Г. Онищенко. — Пермь: Книжный формат, 2011. — 532 с.
2. Global nano copper oxide market report 2022 to 2027: industry trends, share, size, growth, opportunities and forecasts [Electronic resource] // Research and Markets. — Mode of access: <https://www.globenewswire.com/news-release/2022/12/23/2579082/0/en/Global-Nano-Copper-Oxide-Market-Report-2022-to-2027-Industry-Trends-Share-Size-Growth-Opportunities-and-Forecasts.html>. — Date of access: 30.08.2023.
3. Transformation of CuO nanoparticles in the aquatic environment: influence of pH, electrolytes and natural organic matter / C. Peng [et al.] // *Nanomaterials (Basel)*. — 2017. — Vol. 7, iss. 10. — P. 326.
4. Пневмокониозы: патогенез и биологическая профилактика / Б. А. Кацнельсон [и др.]. — Екатеринбург: УрО РАН, 1995. — 328 с.
5. *Назаренко, Г. И.* Клиническая оценка результатов лабораторных исследований / Г. И. Назаренко, А. А. Кишкун. — М.: Медицина, 2006. — 544 с.

Поступила 09.10.2023

## ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

<sup>1</sup>Студеничник Т. С., к. б. н., *stu-tanya@mail.ru*,

<sup>2</sup>Филонюк В. А., д. м. н., профессор, *promtox@rspch.by*,

<sup>1</sup>Шевляков В. В., д. м. н., профессор, *shev-vitaliy@mail.ru*,

<sup>1</sup>Чернышова Е. В., к. м. н., *emerald\_25@mail.ru*,

<sup>1</sup>Эрм Г. И., к. б. н., *erm-galina@mail.ru*

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь

Биотехнология — одна из перспективных отраслей народного хозяйства, в которой используются живые организмы или продукты их жизнедеятельности для решения определенных технологических задач. В практической деятельности расширяется производство различных видов продукции при участии живых организмов или их клеток. Биотехнологические методы положены в основу обеспечения определенных человеческих потребностей, например, разработки жизненно необходимых медицинских препаратов, усовершенствование и получение совершенно новых экологически чистых материалов и продуктов. За счет открытия такой биотехнологической отрасли, как генная инженерия, стало возможным выведение новых сортов растений и пород животных или улучшение свойств уже существующих, которые принесут пользу сельскому хозяйству. Важным экологическим направлением является использование биотехнологий для очистки промышленных и бытовых сточных вод.

Объектами, с которыми работают биотехнологи, являются вирусы, бактерии, различные представители флоры и фауны, грибы, а также органоиды и изолированные клетки. В ряде производств до сих пор используются патогенные и условно-патогенные для теплокровных животных и человека микроорганизмы (далее — м. о.).

Многочисленные данные литературы свидетельствуют о том, что биотехнологические штаммы м. о. представляют серьезную опасность как для человека, так и для объектов окружающей среды. Поэтому одним из актуальных направлений современных гигиенических исследований является определение биологической опасности биотехнологического производства и оценка риска возникновения неблагоприятных для здоровья человека последствий [2].

Основными направлениями обеспечения безопасности производственной среды для человека являются гигиеническая регламентация вредных факторов и гигиенический мониторинг состояния условий труда и здоровья работников.

Существовавшие в странах СНГ устаревшие методические подходы и критерии изучения и гигиенического регламентирования м. о. и микробных препаратов (далее — МП), частично изложенные в методических указаниях № 5789/1-91 Минздрава СССР [4], не обеспечивали безопасное внедрение в практику многочисленных новых биопрепаратов различного назначения. Для обеспечения соблюдения требований санитарного законодательства и нормативных правовых актов Республики Беларусь в области безопасного обращения м. о. и МП на их основе были усовершенствованы и разработаны современные методические подходы по их гигиеническому регламентированию и контролю в объектах окружающей среды [1].

На первом этапе гигиенического нормирования необходимо провести отбор штаммов м. о. с последующей их квалификаций как промышленных и дальнейшую постановку исследований по нормированию либо запрещению изучаемого м. о. для производства и использования.

Исследования данного этапа предусматривают определение патогенности (вирулентности) м. о. по величине ЛД<sub>50</sub> и определение его токсигенности и токсичности.

На втором этапе в дополнение к вышеизложенным исследованиям определяют общетоксическое действие препарата в острых и субхронических экспериментах, выявляют возможное сенсibiliзирующее, дисбиотическое и раздражающее действие на кожу.

На третьем этапе проводят клинико-гигиенические исследования с целью корректировки экспериментально установленных предельно допустимых концентраций.

На основании выполнения и анализа результатов экспериментального изучения новых 68 штаммов м. о. разной таксономической принадлежности и МП на их основе нами были научно обоснованы стандартные условия постановки острого эксперимента для оценки степени патогенности, токсичности и токсигенности, объективные критерии определения класса опасности [3].

Степень патогенности м. о. определяется их способностью вызывать патологический процесс в организме с летальным исходом. Для ее оценки используют интегральный показатель ЛД<sub>50</sub>, т. е. дозу м. о., которая при введении вызывает гибель 50 % животных. Для оценки острой токсичности м. о. используется определение относительной величины ЛД<sub>50</sub> (микробных клеток / кг массы животных) в унифицированных условиях острых экспериментов путем введения стандартных доз суспензии м. о. интраназально белым крысам ( $1,0 \times 10^8$  м.кл./животное) и белым мышам ( $2,0 \times 10^7$  м.кл./животное), внутрибрюшинно белым мышам ( $5,0 \times 10^8$  м.кл. / 20 г массы животного) и внутрижелудочно белым крысам ( $3,0 \times 10^9$  м.кл. см<sup>3</sup> / 180 г массы животного). В зависимости от установленной величины ЛД<sub>50</sub> м. о. или МП дифференцируются по классам опасности согласно обоснованным количественным критериям, приведенным в таблице 1.

Таблица 1 — Классификация опасности м. о. и МП по степени патогенности в острых опытах

Интегральный показатель степени патогенности	Класс опасности (по степени токсичности)			
	I чрезвычайно опасные	II высокоопасные	III умеренно опасные	IV малоопасные
Среднесмертельная доза при внутрижелудочном введении белым крысам (относительная величина ЛД <sub>50</sub> ), м.кл./кг	$5,5 \times 10^7$ и менее		$5,6 \times 10^7 - 5,0 \times 10^9$	$5,1 \times 10^9$ и более
Среднесмертельная доза при внутрибрюшинном введении белым мышам (относительная величина ЛД <sub>50</sub> ), м.кл./кг	$5,0 \times 10^6$ и менее		$5,1 \times 10^6 - 5,0 \times 10^9$	$5,1 \times 10^9$ и более

При условии выявления гибели белых мышей в опытах при оценке патогенности м. о. или МП необходимо альтернативно определить выраженность их токсичности (патогенность эндотоксинов) путем внутрибрюшинного введения белым мышам суспензии препарата, предварительно подвергнутой термообработке, в стандартной дозе ( $1,0 \times 10^6$  м.кл. / 20 г массы животного). Для определения степени патогенности экзотоксинов м. о. (токсигенность культуры) белым мышам вводят подкожно в наружный сегмент бедра задней лапы стандартную дозу фильтрата в объеме  $0,5$  см<sup>3</sup> из исходной концентрации суспензии м. о.  $1,0 \times 10^9$  м.кл./см<sup>3</sup>.

Критериями для запрещения промышленного использования испытанных м. о. являются:

- летальность хотя бы одного животного в опытной группе после интраназального введения стандартной дозы суспензии м. о. белым крысам и белым мышам;

- относительная величина ЛД<sub>50</sub> при введении м. о. в желудок белых крыс  $5,5 \times 10^7$  и менее м.кл./кг, а при введении внутрибрюшинно белым мышам —  $5,0 \times 10^6$  и менее м.кл./кг (м. о. и МП I и II классов опасности);

- м. о. обладает высокой токсичностью (летальность двух и более животных в опытной группе) и токсигенностью (летальность одного и более животных в опытной группе или выраженная отечно-воспалительная реакция и некротическое поражение кожи и прилегающих тканей).

Установленный класс опасности соответствующего м. о. отражается в разрабатываемом по результатам экспериментов токсикологическом паспорте.

Результаты проведенных экспериментов позволили доказать объективность разработанных унифицированных методических подходов определения степени острой токсичности и критериев классифицирования м. о. и МП по степени опасности.

С учетом современных требований классификационной оценки сенсibiliзирующей активности химических и биологических веществ и на основании экспериментального изучения и анализа результатов исследований были научно обоснованы стандартные условия постановки аллергологического эксперимента и критерии оценки степени сенсibiliзирующей активности и определения класса аллергенной опасности м. о. и МП.

Постановка эксперимента по изучению сенсibiliзирующей активности предполагает интраназальное введение белым крысам в течение 5 дней суспензии живых м. о. или МП в объеме  $0,1$  см<sup>3</sup> в стандартной дозе по  $1,0 \times 10^8$  м.кл. / 180 г массы животного с расчетом индивидуальной ингалируемой концентрации микробных клеток в 1 м<sup>3</sup> воздуха ( $K_p$ , м.кл./м<sup>3</sup>) и последующим определением средней ингалируемой концентрации м. о. ( $K_{cp}$ , м.кл./м<sup>3</sup>).

Выявление сенсibiliзации по определению реакции гиперчувствительности замедленного типа производят на 6-е сутки опыта постановкой провокационного внутрикожного теста опухания лапы (далее — ВТОЛ) путем введения под апоневроз задней лапы животных в опытной и контроль-

ной группах суспензии МП в стандартной дозе ( $1,0 \times 10^6$  м.кл./животное). Для оценки степени выраженности сенсibilизации используется интегральный показатель ВТОЛ, который определяют по шкале пересчета абсолютных величин толщины лап в баллы. Для определения степени сенсibilизирующей способности м. о. или МП были адаптированы количественные критерии оценки степени сенсibilизирующей активности и аллергенной опасности промышленных веществ (таблица 2).

Таблица 2 — Шкала классификационной оценки м. о.-продуцентов и МП по степени сенсibilизирующей активности и аллергенной опасности

Критерий	Классы сенсibilизирующей активности (сила аллергена / степень опасности)			
	1 сильные (чрезвычайно опасные)	2 выраженные (опасные)	3 умеренные (умеренно опасные)	4 слабые (малоопасные)
H <sup>1)</sup>	75 и более	более 50	50 и более	25 и более
Pt	< 0,01–0,001	< 0,05–0,01	< 0,05	> 0,05
Px	< 0,01	< 0,05	> 0,05	> 0,05

Примечания:  
 1) H<sup>1)</sup> — выявляемость сенсibilизации по частоте положительного теста ВТОЛ в баллах у животных опытной группы, %;  
 2) Pt — уровень значимости достоверных различий среднегрупповых величин интегрального показателя ВТОЛ в опытной и контрольной группах по критерию t;  
 3) Px — то же по критерию «X» (критерий Ван дер Вардена).

Результаты апробации метода при экспериментальном исследовании 18 новых МП [3] позволили установить высокую чувствительность и объективность разработанных унифицированных методических подходов и критериев, на основании чего обоснованы необходимые требования гигиенической безопасности их производства.

Предложенная и апробированная методика экспериментального изучения и критерии определения степени выраженности сенсibilизирующей активности и класса аллергенной опасности м. о. и МП обоснованны, объективны и информативны. Причем определение степени сенсibilизирующей активности и аллергенной опасности МП проводят не в отдельном специальном эксперименте, а на первой стадии изучения биологического действия МП при месячном ингаляционном воздействии на одних и тех же группах лабораторных животных, что обуславливает значительную экономию денежных и материальных средств.

При выявлении у штаммов м. о. и МП на их основе сенсibilизирующей активности 1–3 классов обязательным требованием является гигиеническая регламентация их содержания в воздухе рабочей зоны.

Таким образом, с учетом данных литературы и результатов собственных исследований были обоснованы рациональные стандартные условия постановки острого эксперимента для оценки степени токсичности (патогенности) и количественные критерии определения класса опасности м. о. и МП, разработаны объективные унифицированные методические подходы и критерии классифицирования м. о.-продуцентов и МП по степени опасности, на основании которых определяются параметры патогенности, токсигенности и токсичности штаммов бактерий; обоснованы критерии определения степени сенсibilизирующей активности и классификационной аллергенной опасности микроорганизмов, что является необходимым для обеспечения безопасности производственной среды биотехнологических производств.

Знание данных подходов необходимо биотехнологам как при разработке новых технологических процессов, так и при реализации существующих технологий для обеспечения безопасности персонала и жителей селитебных зон.

## Литература

1. Обоснование предельно допустимых концентраций и методик выполнения измерений содержания в воздухе рабочей зоны микроорганизмов-продуцентов и микробных препаратов на их основе: инструкция по применению, рег. №№ 009–1015: утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 16.10.2015. — Минск, 2015. — 27 с.

2. О влиянии факторов биотехнологического производства на реактивность иммунной системы / Л. Б. Захарова [и др.] // Медицина труда и пром. экология. — 1994. — № 10. — С. 17–18.



3. О методологии гигиенического регламентирования микроорганизмов-продуцентов и микробных препаратов в воздухе рабочей зоны / В. В. Шевляков [и др.] // Мед. журн. — 2014. — № 2. — С. 40–53.

4. Экспериментальное обоснование ПДК микроорганизмов-продуцентов и содержащих их готовых форм препаратов в объектах производственной и окружающей среды: метод. указания № 5789/1–91 / О. Г. Алексеева [и др.]; М-во здравоохранения СССР. — М.: Инф.-изд. центр Госкомсанэпиднадзора России, 1993. — 20 с.

Поступила 21.09.2023

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЫСОКООПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В СОСТАВЕ ИЗДЕЛИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

<sup>1</sup>Тарасова Е. В., к. х. н., [secretary@rosreg.info](mailto:secretary@rosreg.info),

<sup>1</sup>Хамидулина Х. Х., д. м. н., [director@rosreg.info](mailto:director@rosreg.info),

<sup>1</sup>Назаренко А. К., [secretary@rosreg.info](mailto:secretary@rosreg.info)

<sup>1</sup>Филиал «Регистр потенциально опасных химических и биологических веществ» Федерального бюджетного учреждения науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия;

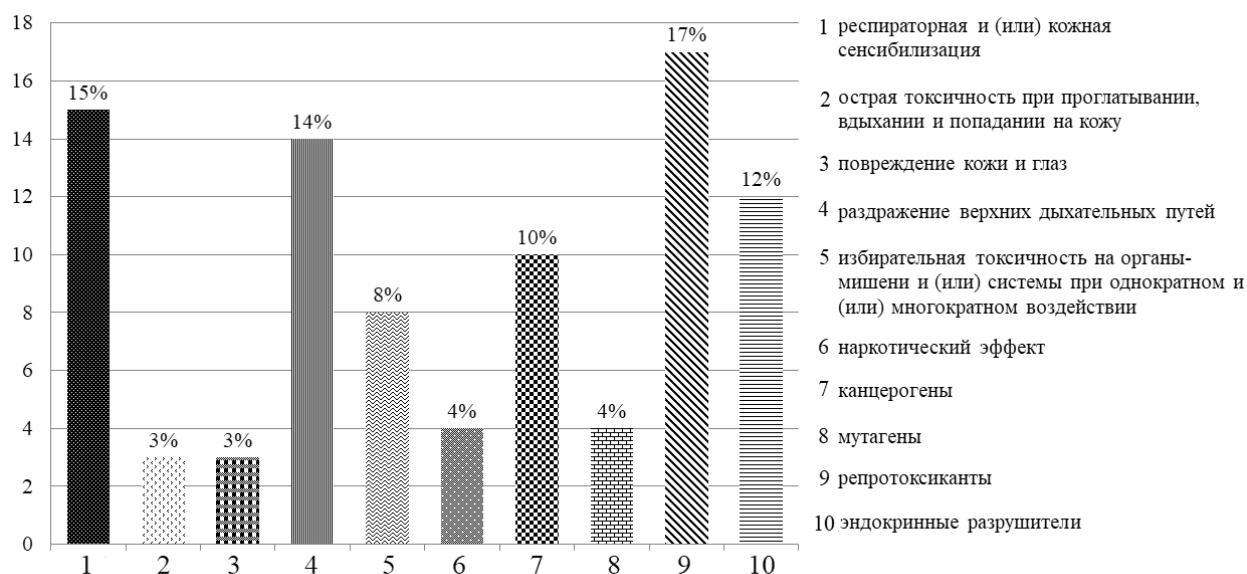
<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

Изделия — это продукция, прошедшая все технологические этапы производства, в процессе которого ей придали специальную форму, поверхность или дизайн, определяющие ее функциональное назначение в большей степени, чем химический состав, и готовая для использования человеком в личных целях или для применения на производстве в том виде, в котором она была выпущена изготовителем [1]. Многие изделия содержат в составе высокоопасные химические вещества, представляющие опасность для здоровья человека и окружающей среды как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе, при этом информация о таких веществах, как правило, отсутствует на этикетках и/или в сопроводительных документах на изделия, что затрудняет не только мониторинг их обращения, но и классификацию опасности и надлежащую утилизацию отходов потребления. Кроме того, в Российской Федерации (далее — РФ) вопросы регулирования высокоопасных веществ в составе изделий, в том числе их запрещение и/или ограничение, поиск альтернатив с целью замены на более безопасные аналоги, проработаны недостаточно [2].

Цель исследования — научное обоснование критериев и правил отнесения химических веществ в изделиях к запрещенным и/или ограниченным.

Анализ требований технических регламентов Таможенного союза (далее — ТР ТС) показал, что основными критериями опасности химических веществ в изделиях для здоровья человека являются следующие показатели: наличие мутагенного, канцерогенного и репротоксического действий, воздействия на эндокринную систему, а также дополнительной опасности, в том числе острой токсичности при вдыхании и попадании на кожу (1 и 2 классы опасности по Согласованной на глобальном уровне системе классификации и маркировки химических веществ (далее — СГС)), раздражения верхних дыхательных путей, наркотического эффекта; воздействия на органы-мишени и/или системы при однократном и/или многократном (продолжительном) контакте с веществом, респираторной и/или кожной сенсibilизации, повреждения кожи и глаз (1 класс опасности по СГС). При этом такие виды опасности, как острая токсичность при проглатывании и опасность при аспирации, в случае изделий нецелесообразно принимать во внимание ввиду невозможности и/или малой вероятности процесса.

Преобладающими видами опасности химических веществ в составе изделий являются воздействие на репродуктивную функцию и неродившегося ребенка (19% химических веществ, регулируемых ТР ТС, относятся к репротоксикантам 1 и 2 класса опасности по СГС), респираторная и/или кожная сенсibilизация (17%), раздражение верхних дыхательных путей (16%), воздействие на эндокринную систему (13%) (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Распределение опасных свойств химических веществ в составе изделий, регулируемых ТР ТС**

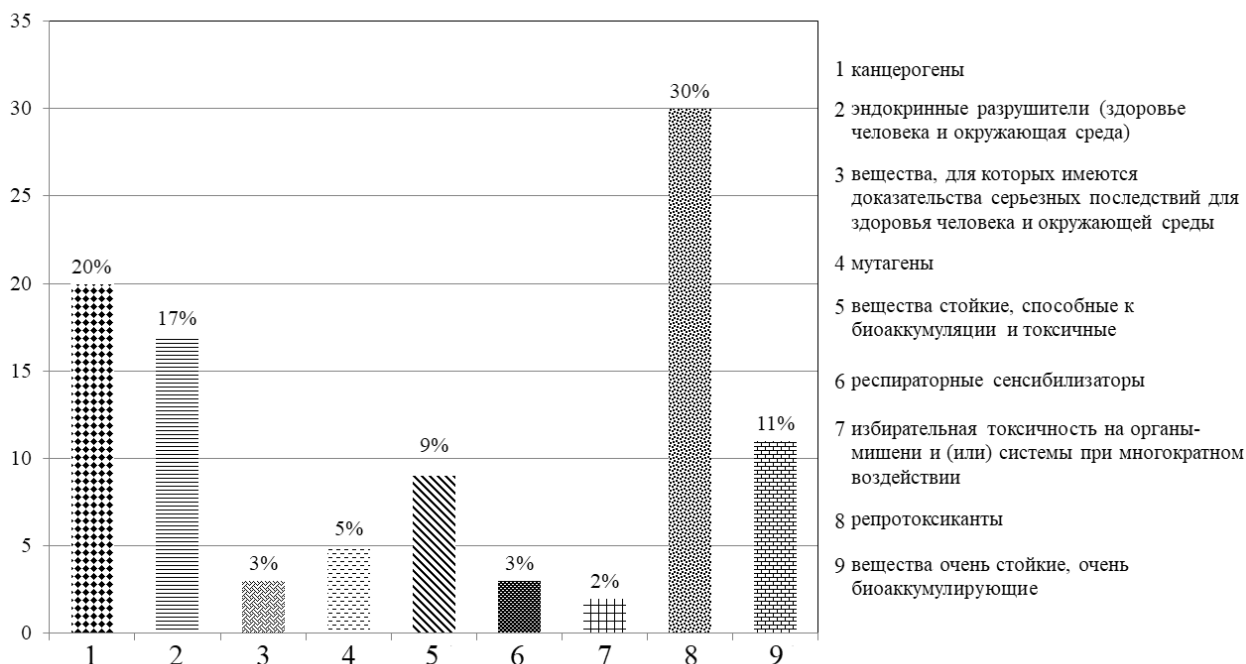
Наиболее регулируемые вещества в составе изделий являются формальдегид (213 показателей в ТР ТС), ацетальдегид (116), метиловый спирт (96), фенолы (77), ацетон (64), свинец и его производные (58), бутиловый спирт (55), толуол (50), цинк и его производные (45), ртуть и ее производные (37).

Показательно, что около 40% регулируемых ТР ТС химических веществ в изделиях относятся к летучим органическим соединениям (далее – ЛОС) и представляют собой, например, мономеры полимерных материалов (винилацетат, метилметакрилат, формальдегид, хлоропрен и др.) или растворители (толуол, гексан, гептан и др.). Можно предположить, что со временем эксплуатации содержание ЛОС в изделиях будет снижаться и, как следствие, будет снижаться обусловленная ими опасность: раздражение верхних дыхательных путей, респираторная и/или кожная сенсibilизация, наркотический эффект. Следовательно, в долгосрочной перспективе наибольшую опасность в изделиях будут представлять химические вещества, не относящиеся к группе ЛОС, обладающие специфическими и отдаленными эффектами, в том числе канцерогенным, репротоксическим, мутагенным, воздействием на эндокринную систему. К таким веществам относятся, например, тяжелые металлы и органические производные, модифицирующие свойства материалов (фотоинициаторы, стабилизаторы, антипирены, отвердители, ускорители, консерванты и др.).

Список химических веществ в изделиях, регулируемых ТР ТС, в настоящее время включает, помимо ЛОС и тяжелых металлов, небольшое количество наименований, представляющих собой добавки в полимерные материалы, в том числе антиоксиданты, ускорители вулканизации класса тиазола и тиурама, олово и его производные, полибромированные дифенилы и дифениловые эфиры. При этом широкий круг высокоопасных химических веществ в составе изделий в РФ практически никак не контролируется, что идет вразрез с международными тенденциями по вопросам их безопасного регулирования.

Для сравнения: Европейский список химических веществ в изделиях, вызывающих обеспокоенность для здоровья человека и окружающей среды (так называемый Список кандидатов / Candidate List), включает в настоящее время 235 наименований, в том числе:

- канцерогены класса 1А или 1В по СГС;
- мутагены класса 1А или 1В по СГС;
- репротоксиканты класса 1А или 1В по СГС;
- вещества стойкие, способные к биоаккумуляции и токсичные (PBT);
- вещества очень стойкие, очень биоаккумулирующие (vPvB);
- эндокринные разрушители;
- респираторные сенсibilизаторы;
- вещества, оказывающие воздействие на органы-мишени и/или системы при многократном (продолжительном) контакте;



**Рисунок 2 — Распределение опасных свойств химических веществ в составе изделий, подпадающих под нотификацию в SCIP с учетом всех нотификаций за период с 01.01.2021 по 01.08.2023**

— другие вещества, для которых имеются научные доказательства вероятности серьезных последствий для здоровья человека или окружающей среды, сопоставимые с перечисленными в предыдущих пунктах (ст. 57 Регламента REACH).

Так как вещества из списка кандидатов рассматриваются как соединения, которые потенциально могут быть запрещены и/или ограничены в обозримом будущем, наличие у химического вещества одного или нескольких указанных видов опасности является необходимым, но не достаточным условием для его включения в список кандидатов.

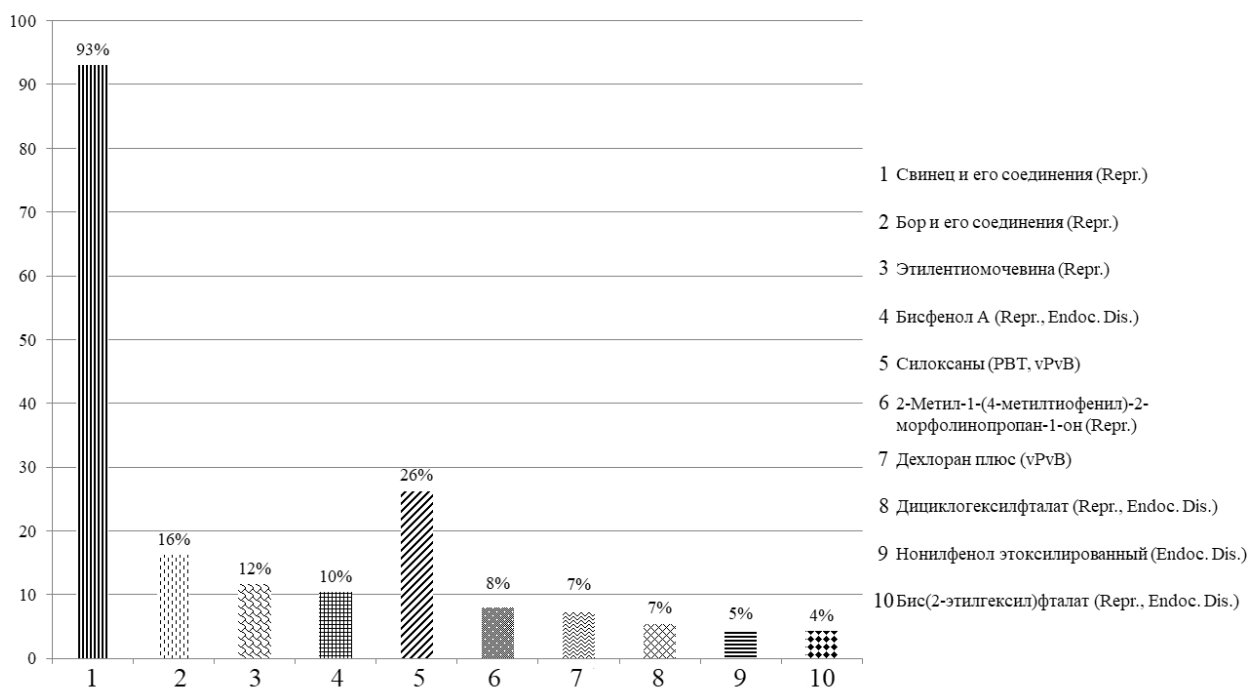
Анализ распределения опасных свойств химических веществ из списка кандидатов и химических веществ в составе изделий, нотифицированных в базе «Вещества в изделиях и товарах, вызывающие обеспокоенность» (далее — SCIP) [3], показал, что основными видами опасности являются репротоксическое действие (26–30 % химических веществ обладают данным видом опасности), канцерогенность (15–20 %), способность воздействовать на эндокринную систему (17–21 %), очень стойкие и очень биоаккумулирующие (11–17 %) (рисунок 2).

По области применения центральное место в списке кандидатов занимают добавки в полимерные материалы (фотоинициаторы, стабилизаторы, антипирены). Показательно также, что Европейский список кандидатов не содержит ЛОС, акцент делается на опасность химических веществ в изделиях в долгосрочной перспективе.

В 2021–2023 гг. на рынке Европейского союза в составе изделий наиболее часто нотифицировались следующие химические вещества из списка кандидатов: свинец и его соединения, бор и его соединения, этилентииомочевина, бисфенол А, силоксаны, фталаты, этоксилированные нонилфенолы и другие (рисунок 3).

В вопросе регулирования обращения высокоопасных химических веществ в составе изделий в РФ перспективным является формирование и ведение национального перечня химических веществ в изделиях, вызывающих обеспокоенность, который включал бы как вещества, оказывающие преимущественное воздействие в краткосрочной перспективе, так и вещества, оказывающие воздействие в долгосрочной перспективе.

Кандидатами на включение в национальный перечень химических веществ в изделиях, вызывающих обеспокоенность, являются химические вещества, классифицированные в соответствии с СГС по канцерогенности (1 и 2 класс опасности); мутагенности (1 и 2 класс опасности); репротоксичности (1 и 2 класс опасности); способности воздействовать на эндокринную систему (1 и 2 класс опасности); острой токсичности при вдыхании и попадании на кожу (1 и 2 класс опасности); повреждению кожи и глаз (1 класс опасности); респираторной и/или кожной сенсibilизации (1 класс



**Рисунок 3 – Химические вещества в изделиях, нотифицированные наиболее часто в системе SCIP 2021–2023 гг.**

опасности); избирательной токсичности на органы-мишени и/или системы при однократном и/или многократном (продолжительном) воздействии (в том числе обладающие наркотическим эффектом и способностью раздражать верхние дыхательные пути); острой (1 класс опасности) и хронической (1 и 2 класс опасности) токсичности для представителей водной биоты; а также вещества стойкие, способные к биоаккумуляции и токсичные; очень стойкие, очень биоаккумулирующие.

Для включения химического вещества в национальный перечень химических веществ в изделиях, вызывающих обеспокоенность, помимо оценки и классификации опасности для здоровья человека и окружающей среды необходимо учитывать риск воздействия, количество контактирующих лиц, объемы производства, область применения, миграцию вещества из изделия в воздушную и водную среду, способ утилизации (переработка, вторичное использование), возможность замены на менее опасные аналоги с учетом международного опыта.

Решение вопроса об отнесении химического вещества в изделие к запрещенным и/или ограниченным должно приниматься на основе экспертного заключения, содержащего:

- оценку и классификацию опасности и риска воздействия химического вещества для здоровья человека и окружающей природной среды;
- обоснование допустимого уровня содержания в изделии, уровней миграции в воздушную и водную среды;
- информацию о наличии альтернатив, включая более безопасные химические аналоги, технологические альтернативы, возможность использования организационных мер в качестве замены для опасного химического вещества;
- оценку альтернатив;
- оценку социально-экономических рисков, связанных с запрещением и/или ограничением химического вещества;
- вывод о возможности отнесения вещества к запрещенным и/или ограниченным.

Создание подобного перечня позволит организовать мониторинг обращения высокоопасных химических веществ в составе изделий на территории РФ, интенсифицировать работы по поиску более безопасных альтернатив, будет способствовать установлению состава отходов потребления и производства и их надлежащей классификации и утилизации.

## Литература

1. ГОСТ 32419–2022. Классификация опасности химической продукции. Общие требования. — М.: Рос. ин-т стандартизации, 2023. — 41 с.

2. Предложения по усовершенствованию методической и нормативно-правовой базы РФ в области химической безопасности / Х. Х. Хамидулина [и др.] // Токсикол. вестн. — 2023. — Т. 31, № 4. — С. 214–225.

3. SCIP Database [Electronic resource] // European Chemicals Agency. — Mode of access: <https://echa.europa.eu/scip-database>. — Date of access: 03.08.2023.

Поступила 22.09.2023

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ГИПОЛИПИДЕМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ БЕТУЛИНА ПРИ СОДЕРЖАНИИ КРЫС НА ВЫСОКОЖИРОВОЙ ДИЕТЕ

<sup>1</sup>Шляхтун А. Г., [shlyahtun@ibiochemistry.by](mailto:shlyahtun@ibiochemistry.by),

<sup>1</sup>Сутько И. П., к. б. н., доцент, [irynasutsko@gmail.com](mailto:irynasutsko@gmail.com),

<sup>1</sup>Радута Е. Ф., [e.raduta@ibiochemistry.by](mailto:e.raduta@ibiochemistry.by),

<sup>1</sup>Букиша Е. В., [kasperekaterina44@gmail.com](mailto:kasperekaterina44@gmail.com),

<sup>1</sup>Богдевич Е. В., [yauhenibogdevich@gmail.com](mailto:yauhenibogdevich@gmail.com),

<sup>2</sup>Мартинкевич О. Н., [omartina@tut.by](mailto:omartina@tut.by),

<sup>3</sup>Волчкевич О. М., [cosmeticgrodnomed@yandex.ru](mailto:cosmeticgrodnomed@yandex.ru)

<sup>1</sup>Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Институт биохимии биологически активных соединений Национальной академии наук Беларуси», г. Гродно, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Учреждение здравоохранения «Гродненская университетская клиника», г. Гродно, Республика Беларусь;

<sup>3</sup>Учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет», г. Гродно, Республика Беларусь

По данным ВОЗ, патологии, связанные с нарушениями обмена липидов (сердечно-сосудистые заболевания (ишемическая болезнь сердца, инсульт), сахарный диабет), на протяжении многих лет входят в топ причин смертности населения и являются одной из важнейших медико-биологических проблем современности. Самым частым и клинически значимым проявлением нарушений липидного обмена считается дислипидемия, которая является основным фактором риска в развитии сердечно-сосудистой патологии, инсулинорезистентности и сахарного диабета, неалкогольного стеатогепатита, ожирения и ряда других заболеваний.

В протоколах лечения пациентов с дислипидемиями используются как немедикаментозные (например, изменение образа жизни и диетотерапия), так и фармакологические способы коррекции, направленные на ее устранение. Для контроля липидного профиля крови чаще всего используются статины, производные фиброевой кислоты (фибраты), секвестранты желчных кислот и никотиновая кислота. В ряде работ продемонстрировано наличие значительного количества побочных эффектов у этих препаратов — например, статины могут снижать чувствительность тканей к инсулину, их использование связывается с повышенным риском возникновения сахарного диабета 2 типа, геморрагического инсульта, рабдомиолиза и других патологических состояний [1].

Учитывая ограниченность и значительное количество побочных эффектов синтетических гипополипидемических препаратов, огромный интерес представляет поиск природных субстанций, обладающих гипополипидемическим действием. Растущее количество экспериментальных данных свидетельствует о том, что прием некоторых биологически активных добавок и использование функциональных продуктов питания могут быть полезными для контроля липидного обмена и дислипидемии. Так, в последних клинических рекомендациях по контролю дислипидемии упоминаются такие пищевые добавки, как фитостеролы, монаколины, изофлавоны и фитоэстрогены сои, берберин,  $\omega$ 3-жирные кислоты и некоторые другие соединения, которые оказывают нормализующее действие на содержание отдельных липидных фракций в крови и могут снижать риск сердечно-сосудистых заболеваний. С другой стороны, отмечается низкий уровень доказательности гипополипидемического действия этих соединений, что обусловлено отсутствием интервенционных исследований с адекватной длительностью, позволяющих судить о влиянии пищевых добавок на проявления дислипидемии [1].

Фармакологические свойства широко распространенного в природе пентациклического три-терпеноида бетулина (луп-20(29)-ен-3 $\beta$ ,28-диол) интенсивно изучаются в последние годы. Экспе-

риментально установлено, что бетулин оказывает противоопухолевое, антиоксидантное, противовоспалительное, иммуномодулирующее и гепатопротекторное действие. Использование бетулина в качестве биологически активной пищевой добавки разрешено на территории Таможенного союза, согласно Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), в редакции решений Комиссии Таможенного союза от 06.08.2019 № 132.

Одним из установленных механизмов гипополипидемического действия бетулина является угнетение синтеза жирных кислот и холестерина *de novo* путем блокирования созревания факторов транскрипции SREBP2 [2]. Полученные нами данные о гепатопротекторном действии бетулина при экспериментальных нарушениях липидного обмена (алкогольном и неалкогольном стеатогепатите у крыс), в частности, его способность нормализовать отдельные показатели липидного профиля крови, обосновывают целесообразность его исследования как потенциального компонента диеты или биологически активной добавки к пище, обладающей гипополипидемическим действием [3, 4]. Несмотря на то что гипополипидемическое действие бетулина в целом известно, комплексного изучения его влияния на содержание липидных фракций в крови и печени не проводилось.

Таким образом, целью настоящего исследования стала комплексная оценка гипополипидемических эффектов бетулина при экспериментальной диет-индуцированной дислипидемии у крыс.

Все использованные в работе реактивы имели квалификацию не ниже, чем «химически чистый». Для приготовления буферных растворов использовали деионизированную воду, полученную на системе водоподготовки Merk Millipore Direct Q3 (США). В качестве субстратов карнитинпальмитилтрансферазы-1 (далее — КПТ1) использовали пальмитоил-КоА (Sigma-Aldrich, № кат. P9716) и L-карнитин (Sigma-Aldrich, № кат. C0283). Бетулин выделяли из бересты березы повислой (*Betula pendula* Roth.) экстракцией по Сокслету, как описано ранее [2].

Для индукции нарушений обмена липидов и дислипидемии у экспериментальных животных использовали общепринятую модель диет-индуцированного сахарного диабета 2 типа (HFD/STZ rat model). Животным на протяжении 42 дней скармливали высокожировую диету (далее — ВЖД), содержащую смесь животных жиров, покрывающих 45 % пищевой ценности. На 14-й и 28-й день после начала ВЖД животным дополнительно вводили внутривентриально стрептозотоцин в дозе по 25 мг/кг. После 42-дневного периода содержания на ВЖД крысы были разделены на 4 группы, обозначенные как «Контроль» (N = 12), «ВЖД» (N = 12), «ВЖД + Бетулин 50» (N = 10) и «ВЖД + Бетулин 100» (N = 10). Животные в контрольной группе содержались на сбалансированном рационе вивария, тогда как группы «ВЖД», «ВЖД + Бетулин 50» и «ВЖД + Бетулин 100» содержались на ВЖД в течение дополнительных 28 дней до конца эксперимента.

Животные в группе «ВЖД + бетулин 50» ежедневно получали внутрижелудочно суспензию бетулина в дозе 50 мг/кг/сут, а в группе «ВЖД + Бетулин 100» — в дозе 100 мг/кг/сут на протяжении 28 суток, в утреннее время (в 8.30). В связи с низкой растворимостью бетулина его вводили в виде суспензии в 2%-м крахмале. Животные в группах «Контроль» и «ВЖД» вместо бетулина получали эквивалентные количества 2%-го крахмала.

Через 28 суток после начала введения бетулина крыс эвтаназировали путем декапитации, собирали образцы крови и выделяли печень, без перфузирования, на холоде (0–4 °С). В сыворотке крови определяли уровни триацилглицеролов (далее — ТГ), общего холестерина (далее — ОХ) и холестерина липопротеинов высокой плотности (далее — ХЛВП) при помощи диагностических наборов «НТПК АнализХ» (Беларусь) в соответствии с инструкциями производителя. Измерение уровней свободных жирных кислот (далее — СЖК) в сыворотке крови проводили по методу Duncombe. Активность цитратсинтазы (далее — ЦС) измеряли в гомогенатах печени по методу Eigentler с соавт. Активность КПТ1 определяли в митохондриях печени по методу Bieber с соавт. Содержание белка в гомогенатах и митохондриях определяли по методу Peterson.

При проведении работ соблюдались нормы, рекомендованные Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях.

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием программного обеспечения GraphPad Prism v.8.0 (США). Нормальность распределения оценивали по критерию Шапиро — Уилка. Для выявления значимости отличий между группами использовали однофакторный дисперсионный анализ и *post-hoc* тест Тьюки в случае нормального распределения данных и равенства дисперсий выборок, либо в противном случае — тест Краскела — Уоллиса с последующим тестом Данна для множественных сравнений. Различия между группами считали статистически значимыми, если вероятность ошибочной оценки не превышала 5 % ( $p < 0,05$ ). Данные в таблицах представлены в виде  $M \pm m$ , где  $M$  — среднее арифметическое значение,  $m$  — стандартная ошибка среднего значения.

По завершении эксперимента исследовано содержание ОХ, ХЛВП, ТГ и уровни СЖК в сыворотке крови животных для оценки выраженности дислипидемии. Установлено, что у животных, содержащихся на ВЖД, развивалась атерогенная дислипидемия в варианте «липидной триады». Показано, что в сыворотке крови происходило увеличение содержания ОХ на 73,8%, СЖК — на 33,2% и ТГ — в 1,7 раза по сравнению с контрольной группой, при этом концентрации ХЛВП были ниже, чем в контрольной группе, на 21,5% (на уровне тенденции,  $p < 0,1$ ), то есть увеличение концентрации ОХ происходило за счет увеличения фракции ЛПНП и ЛПОНП. Отмечено, что у животных, содержащихся на ВЖД, развивалось ожирение, средняя масса тела крыс в этой группе была на 20,5% выше, чем в контрольной.

Установлено, что введение бетулина животным, содержащимся на сбалансированном рационе, приводило к увеличению уровней ХЛВП на 36,9% и незначительному снижению содержания СЖК на 16,7% (на уровне тенденции,  $p < 0,1$  к контролю), тогда как у крыс, содержащихся на ВЖД, бетулин дозозависимым образом предотвращал увеличение уровней ОХ, ТГ и СЖК в крови, а также препятствовал увеличению массы тела животных (таблица 1).

Таблица 1 — Значения массы тела и липидный профиль сыворотки крови крыс, содержащихся на высокожировой диете

Группы	Показатели				
	вес, г	ОХ, ммоль/л	ХЛВП, ммоль/л	ТГ, ммоль/л	СЖК, ммоль/л
Контроль	295,4 ± 10,6	4,31 ± 0,49	3,12 ± 0,39	0,71 ± 0,05	0,53 ± 0,04
Бетулин	291,3 ± 5,8	5,12 ± 0,57	4,27 ± 0,50 $p_k < 0,1$	0,72 ± 0,07	0,44 ± 0,02 $p_k < 0,1$
ВЖД	355,8 ± 9,9 <sup>А</sup>	7,49 ± 0,75 <sup>А</sup>	2,45 ± 0,32 $p_k < 0,1$	1,90 ± 0,11 <sup>А</sup>	0,71 ± 0,06 <sup>А</sup>
ВЖД + Бетулин 50	327,0 ± 10,6 <sup>А</sup>	5,30 ± 0,57	2,33 ± 0,21 $p_k < 0,1$	1,20 ± 0,08 <sup>А, В</sup>	0,69 ± 0,04 <sup>А</sup>
ВЖД + Бетулин 100	309,5 ± 6,1 <sup>В</sup>	4,32 ± 0,84 <sup>В</sup>	2,71 ± 0,37	0,89 ± 0,14 <sup>В</sup>	0,61 ± 0,03 <sup>В</sup>

А —  $p < 0,05$  по сравнению с контрольной группой;  
В —  $p < 0,05$  по сравнению с группой ВЖД.  
Примечание —  $p_k$  — значение  $p$  при сравнении с контрольной группой.

Дислипидемия у животных, получавших ВЖД, сопровождалась накоплением липидов в печени. Показано более чем двукратное увеличение содержания ТГ и увеличение содержания ОХ на 38,3% в печени животных, содержащихся на ВЖД. Наблюдаемые изменения характерны для развития неалкогольного стеатогепатита. Введение животным бетулина приводило к значительному снижению накопления липидов в ткани печени, при этом наблюдаемый эффект был дозозависимым (таблица 2).

Таблица 2 — Влияние бетулина на содержание нейтральных липидов в печени крыс, содержащихся на высокожировой диете, мкмоль/г ткани

Группы	Показатели	
	ТГ	ОХ
Контроль	4,96 ± 0,39	6,81 ± 0,44
Бетулин	3,82 ± 0,34	7,11 ± 0,32
ВЖД	10,51 ± 0,69 <sup>А</sup>	9,90 ± 0,50 <sup>А</sup>
ВЖД + Бетулин 50	8,70 ± 0,51 <sup>А</sup>	8,48 ± 0,61
ВЖД + Бетулин 100	6,86 ± 0,46 <sup>В</sup>	7,43 ± 0,44 <sup>В</sup>

А —  $p < 0,05$  по сравнению с контрольной группой;  
В —  $p < 0,05$  по сравнению с группой ВЖД.

Активность ЦС — фермента, который служит маркером митохондриальной массы и отражает количество нормально функционирующих митохондрий, в ткани печени животных, содержащихся на ВЖД, снижалась по сравнению с контрольными животными на 27,4%. У животных, получавших бетулин на фоне ВЖД, активность ЦС сохранялась на контрольном уровне (таблица 3).

КПТ1, локализованная на наружной митохондриальной мембране, является первым и скоростью-лимитирующим ферментом карнитиновой транспортной системы, обеспечивающей транспорт жирных кислот из цитоплазмы в митохондрии, где они подвергаются  $\beta$ -окислению. Ожидается, в условиях ВЖД происходило увеличение активности КПТ1 в митохондриях печени животных под влиянием алиментарных факторов. Однако введение бетулина крысам на обычном рационе также сопровождалось увеличением активности фермента на 44,6 % по отношению к контролю, что может быть связано с усилением экспрессии либо влиянием бетулина на посттрансляционные модификации фермента. Бетулин на фоне ВЖД дозозависимо увеличивал активность КПТ1, что свидетельствует об усилении транспорта жирных кислот в митохондрии печени (таблица 3).

Таблица 3 — Влияние бетулина на активность карнитинпальмитоилтрансферазы 1 в митохондриях и цитратсинтазы в гомогенатах печени крыс, содержащихся на высокожировой диете

Группы	Показатели	
	активность ЦС, нмоль/мин/мг	активность КПТ1, нмоль/мин/мг
Контроль	288,93 ± 22,99	10,17 ± 0,50
Бетулин	287,18 ± 11,02	14,71 ± 0,63 <sup>А</sup>
ВЖД	209,88 ± 15,66 <sup>А</sup>	15,04 ± 0,81 <sup>А</sup>
ВЖД + Бетулин 50	247,39 ± 18,50	17,06 ± 1,03 <sup>А</sup>
ВЖД + Бетулин 100	273,67 ± 23,39	18,95 ± 0,96 <sup>А, В</sup>

А —  $p < 0,05$  по сравнению с контрольной группой;  
В —  $p < 0,05$  по сравнению с группой ВЖД.

Обобщая полученные данные, можно утверждать, что бетулин дозозависимым образом нормализовал содержание липидов как в сыворотке, так и в печени крыс, получавших высокожировую диету на протяжении 60 дней. Впервые показано, что гиполипидемическое действие бетулина может быть обусловлено в том числе активацией транспорта и окисления жирных кислот в ткани печени. Полученные результаты в перспективе могут стать основой для разработки функционализированных продуктов питания, содержащих бетулин, предназначенных для использования в составе комплексной терапии пациентов с нарушениями липидного обмена.

## Литература

1. 2019 Рекомендации ESC/EAS по лечению дислипидемий: модификация липидов для снижения сердечно-сосудистого риска / F. Mach [et al.] // Рос. кардиол. журн. — 2020. — Т. 25, № 5. — С. 121–193.
2. Inhibition of SREBP by a small molecule, betulin, improves hyperlipidemia and insulin resistance and reduces atherosclerotic plaques / J. J. Tang [et al.] // Cell Metab. — 2011. — Vol. 13, iss. 1. — P. 44–56.
3. Betulin/2-hydroxypropyl- $\beta$ -cyclodextrin inclusion complex: physicochemical characterization and hepatoprotective activity / V. Buko [et al.] // J. Mol. Liq. — 2020. — Vol. 309. — Art. 113118.
4. Betulin attenuated liver damage by prevention of hepatic mitochondrial dysfunction in rats with alcoholic steatohepatitis / V. U. Buko [et al.] // Physiology International. — 2019. — Vol. 106, iss. 4. — P. 323–334.

Поступила 21.09.2023



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ПЕСТИЦИДОВ-ДЖЕНЕРИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАТАРЕИ ТЕСТОВ МЕТОДАМИ *IN SILICO*, *IN VITRO* И *IN VIVO*

Юркевич Е. С., к. м. н., yrkevich.elena@gmail.com,  
Ильюкова И. И., к. м. н., toxlab@mail.ru,  
Камлюк С. Н., к. б. н., shevtsova308@gmail.com,  
Иода В. И., wikuschka.ioda@mail.ru

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Одним из основных критериев оценки безопасности действующих веществ пестицидов, включая токсикологическую характеристику острой, подострой, хронической токсичности, специфических и отдаленных эффектов воздействия на здоровье человека (аллергенность, репродуктивная токсичность, тератогенность, мутагенность, канцерогенность, эмбриотоксичность), наличия опасных (токсикологически значимых) примесей и метаболитов; влияние на объекты среды обитания человека (питьевая вода, воздух, почва), качество и безопасность пищевой продукции, является оценка эквивалентности технических продуктов регистрируемого пестицида техническому продукту фирмы-оригинатора [1].

Технические продукты постпатентного синтеза, используемые при производстве пестицидов-дженериков, могут отличаться от оригинального действующего вещества из-за содержания потенциально опасных примесей, возникающих вследствие изменения методов синтеза, технологий производства, различий в качестве сырья и т. д. [2].

Допустимые уровни опасных примесей в различных технических продуктах действующих веществ пестицидов, изложенные в руководстве по разработке и использованию спецификаций ФАО и ВОЗ для пестицидов, определяют верхний предел содержания релевантной примеси, равный 1 г/кг, но этот предел может быть и ниже для высокоопасных примесей, например диоксинов. Следует понимать, что пределы устанавливают для конкретных веществ, однако сочетание в техническом продукте нескольких опасных примесей, даже в допустимом диапазоне для каждого из них, может приводить к неблагоприятным эффектам. Кроме того, технические продукты могут содержать новые примеси, действие которых на живые организмы не всегда изучено в полной мере, чтобы предсказать их опасность [3].

В международной практике алгоритм определения эквивалентности технических продуктов пестицидов-аналогов, как правило, включает 2 этапа. Согласно рекомендациям ФАО/ВОЗ, некоторые технические продукты действующих веществ от разных производителей или полученные с использованием измененной технологии уже на 1-м этапе могут быть признаны эквивалентными, если они удовлетворяют следующим требованиям:

- чистота технического продукта не ниже, чем чистота, указанная в спецификации технического продукта фирмы-оригинатора (с учетом соотношения изомеров, где это необходимо);
- отсутствуют новые примеси;
- пределы релевантных примесей не превышены, а пределы нерелевантных примесей не превышены более чем на 3 г/кг (если в спецификации оригинального вещества содержание данной примеси  $\leq 6$  г/кг) или более чем на 50% от предела, установленного для технического продукта фирмы-оригинатора (если в спецификации содержание данной примеси  $> 6$  г/кг).

На основании оценки вышеперечисленных критериев принимается решение о признании / непризнании эквивалентности продукта. Если в ходе 1-го этапа невозможно оценить эквивалентность, то, согласно рекомендациям Европейской комиссии, необходимо приступить ко 2-му этапу, который включает:

- изучение представленной информации о токсичности продукта;
- при присутствии новых примесей и/или повышенных уровней релевантных примесей и/или повышенных уровней нерелевантных примесей, содержание которых  $\geq 1$  г/кг, — проведение дополнительных исследований на животных;
- при наличии в техническом продукте новой примеси или примеси, содержание которой составляет  $> 5\%$ , — проведение 28-дневных или 90-дневных исследований для оценки эффектов многократных доз;
- при отсутствии данных — дополнительные хронические эксперименты, в том числе исследования репродуктивной токсичности, эмбриотоксичности, генотоксичности, канцерогенности, мутагенности, генотоксичности;

— значения NOEL (максимальная доза, при которой отсутствуют эффекты) или NOAEL (максимальная доза, при которой не наблюдаются неблагоприятные эффекты) не должны отличаться больше, чем различия в уровнях используемых доз;

— классификация препаратов, обладающих канцерогенными, мутагенными и токсическими свойствами для репродуктивности человека, проводится по специальным схемам.

В основу оценки токсикологического профиля действующего вещества пестицида (технического продукта, дженерика) положена токсикологическая характеристика химического вещества как наиболее важный критерий оценки безопасности действующих веществ пестицидов для здоровья человека, которая включает следующие токсикологические параметры и показатели: острые и подострые эффекты — острая пероральная токсичность ( $DL_{50}$ ), острая дермальная токсичность ( $DL_{50}$ ), острая ингаляционная токсичность ( $CL_{50}$ ), клинические проявления острой интоксикации (при всех путях поступления), раздражающее действие на кожу, раздражающее/разъедающее действие на слизистые, подострая пероральная токсичность, подострая дермальная токсичность, хроническая токсичность; специфические и отдаленные эффекты в воздействия на здоровье человека — нейротоксическое действие, сенсibiliзирующее действие, онкогенность, тератогенность и эмбриотоксичность, репродуктивная токсичность (по методу двух поколений), мутагенность (тесты *in vivo* и *in vitro*); метаболизм в организме млекопитающих и основные метаболиты; лимитирующий показатель вредности [4].

На начальном этапе во всех случаях наличия новых/повышенных уровней примесей рекомендуется оценка технического продукта с использованием моделей, позволяющих по структурам химических соединений предсказать их свойства, в том числе и генотоксичность. Для этой цели широко используют модели Quantitative Structure-Activity Relationship / Количественная взаимосвязь между структурой и активностью (далее — QSAR) для поиска данных о токсичности примеси или анализ Structure-Activity Relationship / Анализ зависимости структура-активность (далее — SAR).

Необходимо учитывать ограничения анализа SAR, например, в отношении оценки опасности и риска химических веществ, мутагенности *in vitro*, острой пероральной токсичности, раздражения кожи, глаз, сенсibiliзации кожи, для оценки хронической токсичности, канцерогенности и тератогенности (ЕСЕТОС, 2003).

Однако ЕСЕТОС, 2003 признает, что SAR могут содержать предупреждения об опасности и быть более надежными для химических веществ с высоким структурным сходством и общими механизмами действия, а большинство доступных QSAR на нынешнем этапе их разработки подходят только для прогнозирования токсичности, но не для установления ее отсутствия.

При оценке свойств химических веществ самый простой и последовательный способ применения количественных моделей оценки взаимосвязей структура-активность QSAR заключается в использовании готового программного обеспечения с удобным интерфейсом. Доступность и качество моделей варьируются в зависимости от конечной точки: модели острой токсичности более надежны, чем «сложные» конечные точки, которые включают большой ряд последовательных механизмов (хроническая токсичность, системная токсичность и репродуктивная токсичность).

Нами проанализированы 9 общедоступных, 13 коммерческих программных инструментов для прогнозирования токсичности, при этом некоторые из свободно доступных программных инструментов разработаны на условиях лицензий с открытым исходным кодом, что позволяет другим специалистам далее развивать и расширять данный программный продукт. Отмечено также, что доступен широкий спектр программных инструментов по прогнозированию физико-химических свойств, токсикологических конечных точек и других биологических эффектов, а также поведения технических продуктов в окружающей среде и биологических организмах. Изучено также 39 программных продуктов, способных прогнозировать несколько свойств и токсикологических конечных точек, при этом некоторые из них являются расширяемыми, что позволяет пользователю разрабатывать новые модели или включать новые знания. В дополнение к моделям QSAR и базам правил, включенным в программное средство, расширяется перечень научных данных, позволяющих усовершенствовать продукты QSAR.

Проанализированный обзор методов компьютерного моделирования (симуляции) биологического эксперимента (*in silico*) и анализ готового программного обеспечения, использующего зависимость структура-активность QSAR для оценки токсичности химических веществ, доказал потенциальную полезность программных пакетов при оценке опасностей и рисков химических веществ, в том числе для целей регулирования, однако применимость того или иного программного средства необходимо тщательно оценивать и документировать.

Мировая тенденция токсикологических исследований предполагает свести к минимуму использование животных в медико-биологических экспериментах (принцип 3R) и ставит задачу от-

казаться от применения животных в экспериментах к 2035 г. Тем не менее неоспоримым является тот факт, что результаты, полученные *in vivo*, имеют приоритет над результатами, достигнутыми в экспериментах *in vitro*.

Кроме того, не следует забывать, что, согласно третьему пункту Нюрнбергского кодекса, одного из основополагающих международных документов, принятого Нюрнбергским трибуналом в августе 1947 г.: «Эксперимент должен основываться на данных, полученных в лабораторных исследованиях на животных...», что всегда может оказаться решающим аргументом для регуляторных ведомств.

Среди наиболее общих проблем исследований *in vitro* в токсикологическом эксперименте следует отметить:

- методические сложности в случае с мало- или нерастворимыми соединениями;
- трудности экстраполяции при отсутствии соответствия условиям гомеостаза в организме, не учитываются системные (центральная нервная и эндокринная системы), метаболические реакции, взаимодействия систем и др.;

- низкую прогностическую способность (40–70 %);
- плохую воспроизводимость и многочисленные ложные результаты.

Кроме того, низкая специфичность *in vitro* тестов, результаты которых зачастую могут быть неоднозначными, требует дальнейшей верификации в расширенных исследованиях *in vivo* [5].

Необходимо учитывать, что метаболизм микроорганизмов значительно отличается от метаболизма высших эукариотов, а именно, у бактерий-прокариотов слабо выражена или отсутствует компартментализация; у бактерий отсутствует метаболическая активация промутагенов в мутагены; прокариотические процессы репарации отличны от эукариотических. В связи с этим возникают трудности с трактовкой результатов, полученных в бактериальных тест-системах. Также при выборе тест-системы необходимо учитывать метаболические превращения, которым подвергаются химические вещества, попадая в организм, и особенности метаболизма веществ в тех или иных тест-объектах [5].

В задачу наших исследований входила систематизация тест-систем, предложенных Организацией экономического сотрудничества и развития (далее — ОЭСР), которые используются в регуляторных исследованиях для изучения токсикологических эффектов химических веществ и химических соединений и совокупные результаты которых позволяют охарактеризовать токсикологический / генотоксический профиль тестируемого химического вещества и/или химического соединения [5].

Поэтапное тестирование химических веществ предполагает создание набора или батареи тестов, когда на 1-м этапе используются простые и высокочувствительные тесты (методы), а на 2-м и последующих этапах — методы возрастающей сложности и проведения, с использованием тест-объектов, филогенетически более близких к человеку.

Батарея тестов должна содержать максимально информативный набор методов, позволяющих регистрировать различные типы модификаций ДНК. Кроме того, рекомендуемые методы должны быть экономичными; набор методов, схема анализа и оценки результатов должны быть унифицированы и зарегистрированы в установленном порядке.

К примеру, для выявления канцерогенного потенциала широко используется батарея тестов, состоящая из 2 этапов: 1-й этап — тест Эймса на микроорганизмах или тесты на клеточных культурах; 2-й этап — тесты с использованием животных. Для выявления мутагенного потенциала — оценка мутагенной активности в половых клетках животных.

На основании проведенного анализа токсикологических методов, предложенных ОЭСР и имеющих в области аккредитации национальных токсикологических лабораторий, отмечено, что в установленном порядке утверждены 13 инструкций по применению, включающих 21 метод ОЭСР для проведения *in vivo* и *in vitro* исследований, которые устанавливают подходы, схемы и методы испытаний по оценке токсического эффекта (раздражающего действия, острой токсичности и т. д.); обеспечивают получение информации о степени воздействия исследуемого вещества при применении конкретного метода (раздражающее, мутагенное и т. д.); позволяют оценить химическое вещество в соответствии с Согласованной на глобальном уровне системой классификации и маркировки химических веществ по изученному эффекту и минимизировать риск воздействия химического фактора на здоровье человека, а также провести классификацию опасности химической продукции, в том числе технических продуктов пестицидов-дженериков, по методам ОЭСР с целью оценки влияния на организм человека, включая:

- классификацию опасности химической продукции, обладающей острой токсичностью:
  - при проглатывании (внутрижелудочно, в/ж),  $DL_{50}$ , мг/кг;
  - при попадании на кожу (накожно, н/к),  $DL_{50}$ , мг/кг;
  - при вдыхании (ингаляционно, инг.),  $CL_{50}$ , мг/м<sup>3</sup>;

- классификацию опасности химической продукции, вызывающей поражение (некроз) / раздражение кожи;
- классификацию опасности химической продукции, вызывающей серьезные повреждения/раздражение глаз;
- классификацию опасности химической продукции, обладающей сенсibiliзирующим действием;
- классификацию опасности химической продукции, воздействующей на функцию воспроизводства;
- классификацию опасности канцерогенов;
- классификацию опасности химической продукции, обладающей избирательной токсичностью на органы-мишени и/или системы при однократном воздействии;
- классификацию опасности химической продукции, обладающей избирательной токсичностью на органы-мишени и/или системы при многократном/продолжительном воздействии;
- классификацию опасности химической продукции, представляющей опасность при аспирации.

В результате исследования разработана батарея тестов, включающая методы *in silico* для компьютерного моделирования (симуляции) биологического эксперимента, методы *in vitro* для определения генотоксичности, мутагенности, канцерогенности, цитотоксичности, коррозии кожи и др. и методы *in vivo* для определения острой, субхронической, хронической, репродуктивной токсичности, эмбриотоксичности, нейротоксичности и других токсических эффектов, что позволит на высоком научном уровне проводить комплексные экспериментальные исследования по определению эквивалентности технических продуктов пестицидов-дженериков оригинальным действующим веществам, а также использовать полученные знания для совершенствования надзора за применением пестицидов-дженериков, особенно обладающих высокой токсичностью.

## Литература

1. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) [Электронный ресурс]: утв. Решением Комиссии тамож. союза от 28 мая 2010 г. № 29: в ред. решений Комиссии Тамож. союза от 17.08.2010 № 341, от 18.11.2010 № 456, от 02.03.2011 № 571, от 07.04.2011 № 622, от 18.10.2011 № 829, от 09.12.2011 № 889, решений Коллегии Евраз. эконом. комиссии от 19.04.2012 № 34, от 16.08.2012 № 125, от 06.11.2012 № 208, от 15.01.2013 № 6, от 10.11.2015 № 149, от 06.08.2019 № 132. — Режим доступа: [http://www.eurasiancommission.org/ru/act/texnreg/depsanmer/sanmeri/Pages/P2\\_299.aspx](http://www.eurasiancommission.org/ru/act/texnreg/depsanmer/sanmeri/Pages/P2_299.aspx). — Дата доступа: 15.09.2023.

2. Регламент Европейского Парламента и Совета Европейского союза 1107/2009 от 21 октября 2009 г. о размещении на рынке продукции для защиты растений и отмене Директив Совета ЕС 79/117/ЕЭС и 91/414/ЕЭС [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0001:0050:EN:PDF>. — Дата доступа: 15.09.2023.

3. Manual on the development and use of FAO and WHO specifications for chemical pesticides [Electronic resource] / FAO and WHO. — 2d ed. — Rome; Geneva, 2022. — Mode of access: <https://www.fao.org/3/cb8401en/cb8401en.pdf>. — Date of access: 18.09.2023.

4. Методы токсикологических испытаний [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.iloencyclopaedia.org/ru/part-iv-66769/toxicology-57951/toxicology-test-methods> (батарея тестов). — Дата доступа: 08.09.2023.

5. ECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4. Health Effects [Electronic resource]. — Mode of access: [https://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-guidelines-for-the-testing-of-chemicals-section-4-health-effects\\_20745788](https://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-guidelines-for-the-testing-of-chemicals-section-4-health-effects_20745788). — Date of access: 08.09.2023.

Поступила 18.09.2023

# ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ КИСЛОТ И L-АМИНОКИСЛОТ

Юркевич Е. С., к. м. н., yrkevich.elena@gmail.com,  
Камлюк С. Н., к. б. н., shevtsova308@gmail.com,  
Иода В. И., wikuschka.ioda@mail.ru

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Природные регуляторы (стимуляторы) роста растений, или фитогормоны, — вещества, влияющие на процессы роста и развития растений, которые образуются в небольших количествах в самих растениях (гиббереллины, ауксины, цитокинины, брассинолиды), стимулирующие рост и деление клеток, а также абсцизовая кислота и этилен — ингибиторы этих процессов. Наибольшее практическое значение имеют их синтетические аналоги, как природных регуляторов роста (ауксинов, цитокининов, брассинолидов), так и веществ ретардантного (подавляющие рост) действия — продуценты этилена, антиауксины и антигиббереллины, которые в отличие от природных способны более резко подавлять ростовые процессы, повышать устойчивость к инактивации растительными тканями, нарушать морфогенетические процессы в растениях и получать сдвиги в обмене веществ растений, идентичные влиянию определенных внешних условий (длины дня, температуры и др.), например, ускорить образование генеративных органов, усилить или затормозить рост и т. п. Применение регуляторов (стимуляторов) роста растений повышает урожайность сельхозкультур, улучшает качество продукции за счет возможности управлять процессом роста, развитие и более полную реализацию жизненного потенциал растения: снимает период покоя у клубней и луковиц, ускоряет прорастание всходов, стимулируют побегообразование и рост корневой системы, снижает опадение завязей, вызывает более раннее и обильное цветение, ускоряет вступление в фазу плодоношения, повышает сопротивляемость к болезням и неблагоприятным условиям выращивания, восстанавливает растения после стрессов. При этом обязательными условиями применения регуляторов роста являются учет избирательности действия препаратов для определенных культур и необходимость соблюдения рекомендуемых регламентов применения (дозы, сроки, способы обработки, вегетационный период растения) [1].

Для предупреждения неблагоприятных последствий при обращении новых видов средств защиты растений, научного обоснования рисков в условиях реального применения и разработки мер по безопасному обращению необходимо проводить токсикологические исследования с целью выявления их токсикологических свойств и токсикометрических параметров. Критериями оценки безопасности препаративной формы средства защиты растений являются токсикологическая характеристика, включающая острую пероральную/дермальную токсичность; раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки; подострую пероральную токсичность (кумулятивные свойства), коэффициент кумуляции; сенсibiliзирующее действие; химические и физические свойства; влияние на среду обитания человека, качество и безопасность пищевой продукции [2].

Объектом исследований служил регулятор роста растений — водный раствор тритерпеновых кислот (70 г/л) и L-аминокислот (50 г/л).

Предметом исследований являлось изучение острой пероральной и дермальной токсичности, раздражающего действия на кожу и слизистые, сенсibiliзирующего и кумулятивного действия. При исследовании были использованы токсикологические и статистические методы.

Цель работы заключалась в оценке комплексного риска воздействия регулятора роста растений на основе тритерпеновых кислот и L-аминокислот с определением способности накапливаться в организме и оказывать неблагоприятное воздействие на материальном уровне и влиять на функциональное состояние органов и систем подопытных животных.

Обращение с животными соответствовало этическим принципам надлежащей лабораторной практики и международным требованиям [3].

Для оценки токсического действия исследуемого продукта применяли комплекс токсикологических методов, позволяющих оценить острые и подострые эффекты. Исследования проводили согласно требованиям действующих технических нормативных правовых актов, в работе использованы методические подходы, изложенные в научной литературе. Для токсикологических исследований на млекопитающих *in vivo* использовали препарат в нативном виде [4].

Для изучения острой токсичности при внутрижелудочном введении использовали метод Прозоровского В. Б. (1978) — препарат вводили однократно внутрижелудочно белым крысам в четырех

последовательных дозах (по 3 особи на 1 дозу); учитывали гибель животных и клинические симптомы отравления в течение 14 суток наблюдения.

При изучении острой токсичности при накожном воздействии препарат наносили однократно на выстриженные участки кожи спины белых крыс размером 4 × 5 см, фиксировали марлевой повязкой и лейкопластырем, животных помещали в индивидуальные домики, длительность контакта составляла 24 часа; в опытах испытаны дозы препарата — 2000; 3000 и 5000 мг/кг, количество животных в группе — по 5 особей; время наблюдения — 14 суток; учитывали характер симптомов интоксикации и поведение животных.

Изучение местно-раздражающих свойств препарата проводили путем однократных аппликаций на кожу спины белых крыс при нанесении на выстриженные участки кожи спины размером 4 × 4 см, наблюдение за состоянием животных проводили в течение 14 суток.

Изучение ирритативного действия проводили путем однократного внесения препарата в нижний конъюнктивальный свод глаз кроликов в дозе 50 мкл, наблюдение за состоянием животных проводили в течение 7 суток.

Изучение сенсибилизирующего действия и иммунотоксичности проводили в тесте опухания лапы мыши (далее — ТОЛМ) путем внутрикожного введения в основание хвоста белых мышей препарата в нативном виде с постановкой разрешающей внутрикожной пробы; учитывали симптомы развития отечно-пролиферативной реакции, выраженность которой оценивали по абсолютному (мм) и относительному (в баллах) показателям у животных опытной группы.

Кумулятивное действие изучено по методу Ю. С. Кагана и В. В. Станкевича (1964) в течение 1 месяца (по 5 раз в неделю) на рандомбредных белых крысах (самцы) массой 163–200 г, возраст — 8–12 недель, собственного разведения (по 7 особей в тестовых и контрольной группах). Животные проходили акклиматизацию к лабораторным условиям в течение 5 дней до начала и содержались в стандартных условиях: температура в помещении варьировалась в диапазоне  $22 \pm 3$  °С, относительная влажность 30–70%, освещение — искусственное, световой режим: 12 часов освещения, 12 часов темноты. Для кормления была использована стандартная лабораторная диета без ограничения питьевой воды.

Животных идентифицировали путем нанесения индивидуальной метки при помощи пикриновой кислоты. На каждом ящике также была бирка с указанием номера исследования, названия исследуемого вещества, количества животных, группы, даты исследования, дозы. Препарат вводили крысам внутрижелудочно натошак через зонд 5 дней в неделю в течение 30 дней. Объем вводимой дозы рассчитывали исходя из индивидуальной массы тела животного, разовый объем вводимой жидкости не превышал физиологической вместимости желудка (3 мл / 100 г массы тела). Кормление животных осуществлялось через 2 часа после введения. Животным контрольной группы вводили воду (растворитель) в соответствующих объемах. Ежедневно в одно и то же время, принимая во внимание период максимального проявления ожидаемых эффектов после введения вещества, проводили наблюдение за общим состоянием животных, их поведением и клинической картиной токсического воздействия.

При изучении острой токсичности при внутрижелудочном введении испытаны дозы 2000; 2500; 3160 и 5010 мг/кг. Клиническая картина интоксикации в первые 30 минут после введения характеризуется легким возбуждением, повышенной двигательной активностью, которые исчезают в течение 2–4 часов. Гибели животных не отмечено. В течение всего периода наблюдения (14 суток) поведение опытных животных не отличалось от поведения контрольных, которые в эквивалентных количествах получали дистиллированную воду.  $DL_{50}$  для изучаемого регулятора роста растений составляет более 5000 мг/кг, следовательно, по параметрам острой внутрижелудочной токсичности препарат относится к малоопасным веществам (4 класс опасности) [2, 4, 5].

На основании исследований по изучению острой токсичности при однократном накожном нанесении установлено, что  $DL_{50}$  для исследованного регулятора роста растений составляет более 2500 мг/кг, следовательно, по параметрам острой накожной токсичности препарат относится к малоопасным веществам (4 класс опасности) [2, 4, 5].

При изучении раздражающего действия на кожные покровы по окончании эксперимента симптомов раздражения кожных покровов (эритемы, отека) не обнаружено, из чего следует, что препарат не обладает раздражающим действием на кожные покровы — 4 класс опасности, отсутствие раздражающего действия [2, 5].

В эксперименте по изучению раздражающего/разъедающего действия на слизистые оболочки глаз отмечено, что исследуемый препарат после инстилляции вызывает слезотечение, рефлекторный блефароспазм, слабовыраженные симптомы раздражения слизистых оболочек глаз (незначительное инъектирование сосудов и минимальное количество выделяемого в углу глаза), проходящие

в течение 1–3 часов после апплицирования. Следовательно, в условиях однократного воздействия на слизистые оболочки глаз исследуемый регулятор роста растений обладает слабым раздражающим действием на слизистые оболочки (3В класс, слабое раздражающее действие) [2, 5].

В результате эксперимента в ТОЛМ установлено, что изучаемый продукт не вызывает уплотнения и воспаления ткани, что позволяет отнести регулятор роста растений к веществам, не оказывающим сенсibiliзирующего действия, — 4 класс опасности, отсутствие сенсibiliзирующего эффекта (в рамках стандартного протокола исследований) [2, 5].

Изучение кумулятивного действия проведено по методу Ю. С. Кагана и В. В. Станкевича (1964). Ежедневное введение исследуемого препарата не привело к гибели животных тестовой группы и развитию каких-либо клинических признаков интоксикации.

Для оценки биологических эффектов у животных основных подопытных групп использовали комплекс интегральных и специфических показателей.

Состояние центральной нервной системы оценивали по способности крыс суммировать подпороговые импульсы с помощью импульсного стимулятора. Показатели фиксировали до начала введения образца (фон) и в конце эксперимента.

Гематологические показатели регистрировали в конце эксперимента в цельной крови животных с использованием гематологического анализатора Mythic18 (Швейцария). Исследовали следующие параметры: уровень эритроцитов, тромбоцитов, лейкоцитов, гемоглобина, лимфоцитов, моноцитов, гранулоцитов, гематокрит, средний объем эритроцита.

Биохимические показатели крови определяли с помощью автоматического биохимического анализатора Accent 200, Cormay (Польша) с использованием диагностических наборов. Исследовали следующие параметры: мочевины, креатинина, общий белок, аланинаминотрансфераза, аспартатаминотрансфераза, глюкоза, липопротеины низкой плотности, липопротеины высокой плотности.

Общий анализ мочи включал следующий список исследованных параметров: суточный диурез, рН, мочевины, креатинина, общий белок, удельный вес.

Все крысы по окончании введения исследуемого вещества были умерщвлены и подвергнуты полной, детальной некропсии, были определены относительные коэффициенты массы (далее — ОКМ) ряда внутренних органов.

Результаты исследований подвергли статистической обработке. При оценке различий между группами использовали непараметрический U-критерий Манна — Уитни. Количественные параметры представлены в виде медианы и интерквартильного размаха. Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез был принят  $p \leq 0,05$ .

Определение суммационно-порогового показателя до начала воздействия исследуемого образца регулятора роста растений и по окончании периода введения не установило статистически значимого снижения способности животных к суммации подпороговых электрических импульсов у животных тестовой группы по сравнению с показателем контрольной группы.

По окончании эксперимента у животных опытной группы отмечено статистически значимое снижение уровня эритроцитов на 12,6 %, гемоглобина на 14,4 % и гематокрита на 14,5 % в сравнении с контролем. Среди остальных гематологических показателей, выбранных в качестве тестовых, значимых изменений в сравнении с контрольной группой не установлено.

У животных тестовой группы в сыворотке крови отмечено статистически значимое увеличение липопротеинов высокой плотности на 1,8 % и снижение уровня глюкозы на 14,3 %. Остальные биохимические показатели сыворотки крови, выбранные в качестве тестовых, не отличались значимо от контроля и находились в пределах физиологической нормы.

В моче животных, подвергавшихся воздействию регулятора роста растений, не отмечено статистически значимых изменений по показателям, выбранным в качестве тестовых.

Видимых патологических изменений внутренних органов при макроскопическом изучении не отмечено. У животных тестовой группы отмечено статистически значимое снижение ОКМ почек и селезенки, при этом остальные морфометрические показатели, выбранные в качестве тестовых, значимо не отличались от соответствующих показателей в контроле.

Следовательно, в принятых условиях повторного 30-суточного внутрижелудочного введения белым крысам регулятор роста растений на основе тритерпеновых кислот и L-аминокислот не проявляет кумулятивной активности на уровне смертельных эффектов (Ккум > 5,0).

Общетоксический характер действия характеризуется влиянием на красный росток (эритроидный) периферической крови, проявляющийся в виде эритропении/анемии со значимым снижением количества эритроцитов, гемоглобина и гематокрита.

Также необходимо подчеркнуть возможное негативное влияние препарата на функцию печени, на которое указывает отмеченное статистически значимое увеличение липопротеинов высокой

плотности и снижение уровня глюкозы, а также четко выраженная тенденция снижения относительной массы печени, которые, вероятнее всего, можно объяснить высокой биологической активностью компонентов продукта — тритерпеновых кислот и L-аминокислот.

Анализ полученных данных показал, что исследуемый регулятор роста растений на основе тритерпеновых кислот и L-аминокислот обладает слабовыраженными кумулятивными свойствами на уровне проявления функциональных эффектов, которые носят компенсаторно-приспособительный характер и исчезают по окончании восстановительного периода.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что новый отечественный регулятор роста растений на основе тритерпеновых кислот и L-аминокислот по токсикологическим параметрам не представляет опасности для здоровья человека и теплокровных животных, и его можно оценить как препарат с допустимым риском для работающих при условии соблюдения установленных агротехнических и гигиенических регламентов применения.

## Литература

1. Регуляторы роста [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://kosagro.kz/regulatory-rosta>. — Дата доступа: 14.09.2023.

2. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) [Электронный ресурс]: утв. Решением Комиссии таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 29; в ред. решений Комиссии Таможенного союза от 17.08.2010 № 341, от 18.11.2010 № 456, от 02.03.2011 № 571, от 07.04.2011 № 622, от 18.10.2011 № 829, от 09.12.2011 № 889, решений Коллегии Евразийской экономической комиссии от 19.04.2012 № 34, от 16.08.2012 № 125, от 06.11.2012 № 208, от 15.01.2013 № 6, от 10.11.2015 № 149, от 06.08.2019 № 132. — Режим доступа: [http://www.eurasiancommission.org/ru/act/txnreg/depsanmer/sanmeri/Pages-/P2\\_299.aspx](http://www.eurasiancommission.org/ru/act/txnreg/depsanmer/sanmeri/Pages-/P2_299.aspx). — Дата доступа: 13.09.2023.

3. Надлежащая лабораторная практика: ТКП 125–2008(02040). — Введ. 01.05.2008. — Минск: РУП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении», 2008. — 40 с.

4. Инструкция 1.1.11–12–35–2004. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 14.12.2004. — Минск, 2004. — 43 с.

5. ГОСТ 32419–2022. Классификация опасности химической продукции. Общие требования. — Введ. Респ. Беларусь 01.07.2023. — Минск: Госстандарт, 2023. — 40 с.

Поступила 02.10.2023



## Раздел 6

# ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ. ТЕЗИСЫ

## РИСК ДЛЯ РАБОТАЮЩИХ И НАСЕЛЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ КЛОТИАНИДИНСОДЕРЖАЩИХ ПЕСТИЦИДОВ

*Антипова В. И., antipovavi@fferisman.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

В процессе трудовой деятельности работающие в сельском хозяйстве подвергаются сочетанному воздействию вредных факторов в зависимости от вида выполняемых работ. С учетом комбинированного действия производственных факторов условия труда в большинстве сельскохозяйственных профессий можно отнести к категории вредных с высоким профессиональным риском здоровью.

Важной задачей с гигиенических позиций является снижение пестицидной нагрузки на человека и окружающую среду. Ее оптимальное решение в определенной мере зависит не только от токсиколого-гигиенической характеристики препаратов на примере клотианидинсодержащих, но и способов их применения.

Клотианидин — действующее вещество пестицидов класса неоникотиноидов, используется в сельском хозяйстве в качестве инсектицида контактного, кишечного и системного действия против вредных насекомых, применяется также как инсекто-фунгицид для протравливания зерновых и клубней картофеля.

Препараты в виде концентрата суспензии на основе клотианидина в соответствии с гигиенической классификацией пестицидов относятся к 3 (умеренно опасные) классу опасности, 1 классу опасности для пчел и регистрируются в Российской Федерации для применения в качестве инсектицида широкого спектра действия.

В экспериментальных исследованиях изучались условия труда при работе с препаратами на основе клотианидина при протравливании семян с различными установками протравителей: заводское протравливание семян свеклы; предпосевная обработка семян овса и кукурузы на централизованном пункте протравливания в хозяйствах; протравливание картофеля с одновременной высадкой; предпосевная обработка семян рапса в изолированном помещении складского типа.

На семенном заводе протравливание семян сахарной свеклы проводилось в производственном помещении на стационарной протравочной ротационной установке «SATEC» с одновременной транспортировкой протравленных семян по открытому ленточному транспортеру в большие мешки (бигбэги). Предпосевное протравливание зерновых культур проводилось влажным способом в изолированных помещениях складского типа на протравочных машинах ПС-10 и ПС-20, погрузка осуществлялась в кузов машины. Протравливание клубней картофеля с одновременной высадкой проводилось с помощью картофелесажалки Underhang UN 3200, агрегатированной с трактором John Deere 6150M. Масличную культуру протравливали влажным способом в изолированном помещении на системе порционной обработки семян СВТ-25 с одновременной автоматизированной погрузкой протравленных семян в мешки.

Во время проведения гигиенических исследований в период регистрационных испытаний был установлен допустимый риск для работающих по результатам в отобранных пробах воздуха рабочей зоны во время работы и смывов с кожных покровов, а также в пробах атмосферного воздуха и возможных сносов за пределами санитарного разрыва (300 м) с подветренной стороны. Способ оценки риска воздействия пестицидов на работающих, описанный в МУ 1.2.3017-12, защищенный патентом на изобретение (№ 2480755 от 27.04.13), используется в процессе изучения условий применения пестицидов, позволяет на стадии регистрации исключить наиболее опасные препараты или технологии.

Поступила 12.09.2023

## ДЕЙСТВУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА АНТИСЕПТИКОВ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ РАЗДРАЖЕНИЕ КОЖИ

*Бидевкина М. В., д. м. н., mbidevkina@mail.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

В медицинской практике широко используются кожные антисептики, применение которых является важным фактором в обеспечении эпидемиологической безопасности при оказании медицинской помощи и профилактике инфекционных заболеваний.

Особенно важно изучение их токсичности при реальном пути поступления в организм — на-кожном. Поэтому требования по безопасности сводятся прежде всего к предотвращению раздражающего эффекта на кожу, кожно-резорбтивного и контактного сенсibilизирующего действия. У большинства кожных антисептиков, предназначенных для взрослого населения и разработанных на основе традиционных действующих веществ, при изучении абсорбции токсического действия не выявлено. Результаты наших исследований показали, что аллергенные свойства зависят от функциональных добавок, но их практически не используют при разработке этих средств.

Таким образом, основным показателем токсичности, ограничивающим применение кожных антисептиков, является раздражающее действие.

Большинство действующих веществ кожных антисептиков обладают раздражающим действием на кожу в различной степени — от выраженного до слабого. Проявление раздражения кожи зависит от их содержания в кожных антисептиках. Многолетний опыт оценки кожных антисептиков показал, что введение в рецептуру четвертичных аммониевых соединений, триаминов или других соединений часто приводит к возникновению у средства раздражающего эффекта.

Целью исследования являлось изучение раздражающего действия кожных антисептиков и действующих веществ, входящих в их состав.

Изучено раздражающее действие 9 наиболее часто используемых действующих веществ: спиртов (этиловый, пропиловый и изопропиловый), 2-феноксиэтанола, хлоргексидина биглюконата, полигексаметиленгуанидин гидрохлорида (далее — ПГМГ), алкилдиметилбензиламмония хлорида, дидецилдиметиламмония хлорида, N, N-бис(3-аминопропил)додециламина и 50 готовых к применению кожных спиртосодержащих антисептиков.

Раздражающее действие на кожные покровы изучали на кроликах при 20-кратных аппликациях 500 мг средства, которое наносили на 4 часа на выстриженный участок (7 × 8 см) боковой поверхности тела. Контролем служил противоположный бок.

В результате проведенных исследований установлены максимальные концентрации действующих веществ, не вызывающие раздражения кожи кроликов при многократных аппликациях. Наиболее выраженным раздражающим действием обладает N, N-бис(3-аминопропил)додециламин, для него установлена наименьшая недействующая концентрация 0,05 %. Для алкилдиметилбензиламмония хлорида и дидецилдиметиламмония хлорида эта концентрация выше — 0,1 %. Для хлоргексидина биглюконата и 2-феноксиэтанола недействующие концентрации были в 2,5–3 раза выше применяемых в кожных антисептиках. Раздражающего действия у спиртов не выявлено.

Изучение раздражающего действия кожных антисептиков показало, что превышение в их составе найденных безопасных концентраций действующих веществ вызывает раздражение кожи кроликов, несмотря на присутствие смягчающих компонентов, таких как глицерин и др.

Изучены также кожные антисептики на основе изопропилового спирта и перекиси водорода, содержание которой в средстве находилось в пределах 0,1–0,3 %. Все образцы не вызывали раздражения кожи. Похожие результаты получены при оценке токсичности анолитов (с массовой долей активного хлора 0,02–0,04 %), которые рекомендованы для использования в качестве кожных антисептиков. Изученные образцы не оказывали раздражающего действия на кожу.

Таким образом, действующие вещества кожных антисептиков по уменьшению раздражающего действия на кожу располагаются следующим образом: N, N-бис(3-аминопропил)додециламин > дидецилдиметиламмония хлорид > алкилдиметилбензиламмония хлорид > ПГМГ > хлоргексидина биглюконат > 2-феноксиэтанол > спирты.

Хлоргексидина биглюконат, 2-феноксиэтанол и спирты не влияют на появление раздражающего действия у кожных антисептиков.

Поступила 08.08.2023

## ГЕПАТОПРОТЕКТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРЕКУРСОРОВ НИКОТИНАМИДАДЕНИНДИНУКЛЕОТИДА ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ АЛКОГОЛЬНОЙ ИНТОКСИКАЦИИ

Букиша Е. В., *kasperekaterina44@gmail.com*,  
Шляхтун А. Г., *a.shlyahatun@gmail.com*,  
Богдевич Е. В., *yauhenibogdevich@gmail.com*,  
Сутько И. П., к. б. н., доцент, *irynasutsko@gmail.com*

Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Институт биохимии биологически активных соединений Национальной академии наук Беларуси», г. Гродно, Республика Беларусь

Окисление этанола и ацетальдегида в гепатоцитах сопровождается наработкой восстановленной формы никотинамидадениндинуклеотида (далее — НАДН) и дефицитом его окисленной формы (далее — НАД). Накопление НАДН в гепатоцитах приводит к снижению активности систем окисления этанола и накоплению ацетальдегида, который на порядок более токсичен, чем этанол. Изменение соотношения НАД/НАДН в ткани печени сопровождается изменением активности основных биохимических путей в клетке. Для коррекции дисбаланса НАД/НАДН в печени, возникающего при алкогольной интоксикации, предлагается исследовать метаболические предшественники биосинтеза НАД, которые теоретически могут снизить или предотвратить поражение печени алкоголем и продуктами его метаболизма без изменения паттернов его потребления.

Цель исследования — изучить гепатопротекторное действие метаболических предшественников НАД — никотинамида (далее — НАМ) и никотинамид мононуклеотида (далее — НМН) при хронической алкогольной интоксикации (далее — ХАИ) у крыс.

В работе использовали реактивы квалификации не ниже «хч». Моделирование ХАИ проводили на крысах-самцах линии Wistar массой 160–180 г в соответствии с этическими требованиями, установленными Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях. Алкогольную интоксикацию вызывали путем внутрижелудочного введения 30%-го раствора этанола в дозе 5,0 г/кг/раз дважды в сутки на протяжении 14 суток. Животные были разделены на 5 экспериментальных групп по 8 особей в каждой. Животным с первого дня эксперимента вводили внутривенно НАМ или НМН по 2,05 ммоль/кг/сут через 2 ч после утреннего введения этанола. По завершении эксперимента животных декапитировали. В сыворотке крови определяли активность аланин- и аспаратаминотрансфераз (далее — АлАТ и АсАТ), щелочной фосфатазы (далее — ЩФ),  $\gamma$ -глутамилтранспептидазы (далее — ГГТП) при помощи наборов реагентов «НТПК АнализХ» (Республика Беларусь) в соответствии с инструкциями производителя. В гомогенатах печени определяли количество ТБК-реактивных соединений (далее — ТБКРС) по методу Janero, свободных тиолов по Ellman; активность глутатионредуктазы (далее — ГР) по Carlberg, глутатион-S-трансферазы (далее — GST) по Habig, глутатионпероксидазы (далее — ГПО) по Paglia & Valentine и каталазы по Nadwan. Общую активность алкогольдегидрогеназ (далее — АДГ) определяли по Nakajima, активность альдегиддегидрогеназ (далее — АльДГ) — по Totmar. Содержание белка в гомогенатах тканей определяли по Брэдфорд. Результаты исследования обработаны статистически. Для выявления значимости отличий между группами использовали однофакторный дисперсионный анализ и тест Тьюки. Различия между группами считали значимыми при  $p < 0,05$ .

Установлено, что в сыворотке крови алкоголизованных крыс значимо увеличивалась активность АлАТ (основного маркера цитолиза гепатоцитов) — на 69,9%, активность АсАТ — на 21,3%, активность ЩФ — на 22,0% по сравнению с контрольными значениями. Активность ГГТП в сыворотке крови алкоголизованных животных повышалась незначительно (на 9,7%) по сравнению с контрольной группой. Введение НАМ на фоне ХАИ снижало проявление цитолитического процесса в печени по сравнению с алкоголизованными животными, не получавшими препарат: активность АлАТ, АсАТ и ЩФ в группе животных, получавших НАМ, были соответственно на 22, 11 и 8% ниже, чем у алкоголизованных животных, не получавших препарат. Еще в большей степени гепатозо-защитный эффект проявлял НМН: активность АлАТ, АсАТ и ЩФ в группе животных, получавших НМН, была соответственно на 47, 28 и 10% ниже таковой у алкоголизованных животных, не получавших НМН. Активность ГГТП во всех экспериментальных группах изменялась незначительно.

Одним из механизмов повреждающего действия этанола на гепатоциты является активация генерации активных форм кислорода и  $\alpha$ -гидроксиэтильных радикалов при неокислительном метаболизме этанола. Избыточное образование свободных радикалов, прямое действие этанола и аце-

тальдегида на компоненты антиоксидантной системы приводят к ее истощению, что сопровождается повреждением мембран и гибелью гепатоцитов. В этой связи исследовано влияние предшественников биосинтеза НАД на содержание конечных продуктов перекисидации биомолекул в гомогенатах печени крыс при ХАИ. Показано, что ХАИ сопровождалась увеличением содержания ТБКРС на 16,2% по сравнению с контролем. Введение экспериментальным животным НАМ и НМН способствовало поддержанию содержания ТБКРС в печени крыс на уровне контрольных значений.

ХАИ сопровождалась снижением активности ферментов антиоксидантной защиты в печени крыс. Активность основного фермента, участвующего в регенерации глутатиона, ГР, снижалась на 31,0% по сравнению с контрольной группой животных. Активность ГПО, фермента, осуществляющего детоксикацию гидроперекисей липидов и перекиси водорода, в гомогенатах печени алкоголизованных крыс снижалась на 34,3% по сравнению с контролем. Также на уровне тенденции отмечено снижение активностей GST и каталазы соответственно на 10,8% и 17,4% ( $p < 0,1$ ). Введение животным на фоне ХАИ предшественников биосинтеза НАД сопровождалось сохранением активности ГР и ГПО в печени на контрольном уровне.

Установлено, что в печени алкоголизованных крыс, не получавших предшественников НАД, наблюдалось снижение активностей АДГ на 50,2% по сравнению с контролем. Введение прекурсоров биосинтеза НАД предотвращало снижение активности АДГ в печени, при этом статистически значимые эффекты отмечены только для НМН.

Показано, что у животных, не получавших предшественников НАД, происходило снижение активности АльДГ с высокой и низкой  $K_m$  к ацетальдегиду. При этом более выраженные изменения наблюдались для митохондриальной изоформы АльДГ (с низкой  $K_m$ ). При ХАИ активность митохондриальной АльДГ снижалась на 63,5% по сравнению с контрольной группой. В сравнении с активностью фермента в группе, не получавшей прекурсоров НАД, активность митохондриальной АльДГ в группе, получавшей НАМ, была на 77,1% выше. Показано, что введение НМН сопровождалось увеличением активности митохондриальной изоформы АльДГ в 3,87 раза в сравнении с алкоголизованными животными.

Таким образом, моделирование хронической алкогольной интоксикации введением крысам 30%-го раствора этанола в/ж в дозе 10,0 г/кг/сут на протяжении 14 суток приводит к развитию цитолитического процесса в печени, нарушает функцию антиоксидантной системы, снижает активность ферментов метаболизма этанола.

НАМ и НМН, метаболические предшественники биосинтеза НАД, на фоне ХАИ оказывали гепатопротекторное действие, в большей степени выраженное у НМН. Отмечено, что в условиях алкогольной интоксикации введение НМН препятствует развитию перекисного окисления липидов (уровни ТБКРС в печени ниже, чем в контрольной группе) и поддерживает активность антиоксидантных ферментов и АДГ в ткани печени крыс на уровне контрольных значений, значительно увеличивает активность АльДГ с низкой  $K_m$  к ацетальдегиду в митохондриях печени крыс при ХАИ. Гепатопротекторные эффекты НМН при ХАИ подтверждаются предотвращением развития гиперферментемии у алкоголизованных животных. Предполагаемым механизмом гепатопротекторного действия НМН при ХАИ может быть нормализация соотношения НАД/НАДН.

Поступила 21.09.2023

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕНАТАЛЬНОЙ ТОКСИЧНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ЭНДОКРИННОГО РАЗРУШИТЕЛЯ – ИНСЕКТИЦИДА ИЗ КЛАССА КАРБАМАТОВ**

*Вещемова Т. Е., к. м. н., veshchemova.te@fncg.ru,  
Масальцев Г. В., к. б. н., masalcev.gv@fncg.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Воздействие химических веществ, таких как тяжелые металлы, бенз(а)пирен, полихлорированные бифенилы и пестициды, загрязняющих окружающую среду, способно вносить значимый вклад в развитие заболеваний эндокринной системы населения. Метомил — это инсектицид из химического класса карбаматов, который отнесен Организацией экономического сотрудничества и развития

к группе возможных эндокринных разрушителей, что обуславливает важность проведения исследований по его влиянию на различные структуры эндокринной системы с целью минимизации рисков для населения.

Ранее нами было изучено влияние метомила на гормоны щитовидной железы в 90-дневном субхроническом исследовании на беспородных взрослых крысах обоих полов. В результате было выявлено достоверное влияние метомила на функцию щитовидной железы, проявляющееся изменениями концентрации трийодтиронина и изменениями в морфологических структурах. Однако известно, что вещества, являющиеся эндокринными разрушителями, также оказывают влияние и на пренатальное развитие. Исходя из имеющихся данных нами проведено дополнительное исследование эмбриотоксического и тератогенного действия метомила в эксперименте на крысах с целью дальнейшего изучения его потенциала к эндокринному разрушению.

В исследованиях были использованы 60 беспородных белых крыс-самок, масса тела которых составляла 215–225 г. Каждая группа состояла из 15 самок. Спаривание самок проводили с самцами, не подвергавшимися воздействию вещества, соотношение самки : самцы — 2 : 1. Беременность определяли по наличию сперматозоидов во влагалищных мазках самок. Выбор доз и сроков введения при проведении эксперимента был основан на имеющихся в распоряжении литературных данных об эмбриотоксическом и тератогенном действии метомила. Метомил в дозах 4,9; 9,4 и 33,9 мг/кг м. т. беременным самкам ежедневно вводили перорально с 5-го по 20-й день беременности.

Рассчитывали показатели смертности, до- и постимплантационной гибели (%), выживаемость эмбрионов (%), индекс оплодотворения (%), регистрировали количество плодов, общий вес помета, количество желтых тел, вес и длину эмбрионов, вес и диаметр плацент.

Проводили наружный осмотр всех плодов, регистрировали аномалии, выявленные при осмотре. Часть плодов ( $1/3$ ) вскрывали и оценивали, проводили забор внутренних органов (тимус, сердце, легкие, печень, почки), определяли их массу, рассчитывали значение относительной массы. Для выявления тератогенного эффекта группу плодов ( $1/3$ ) фиксировали в жидкости Буэна и использовали для изучения по методу Вильсона — Дыбана, остальные  $1/3$  плодов фиксировали в этаноле для изучения по методике Доусона.

В ходе эксперимента зарегистрирована гибель 2 самок на 5-й и 7-й день беременности в опытной группе животных, получавших метомил в дозе 33,9 мг/кг м. т.

Животные опытных групп, получавших метомил, внешне ничем не отличались от контрольной группы животных.

У самок и их потомства, получавших метомил в дозах 4,9 и 9,4 мг/кг м. т., не выявлено статистически достоверных изменений по всем изученным показателям по сравнению с контролем.

В дозе 33,9 мг/кг м. т. у самок наблюдалось снижение потребления корма во время беременности, достоверное ( $p = 0,030$ ) снижение массы тела беременных самок через 3 недели введения метомила по сравнению с контрольными животными и наличие обратной корреляции ( $\rho$  Спирмена  $\geq -0,317$ ,  $p \geq 0,046$ ) между вводимой дозой и массой тела. У плодов не выявлено достоверных изменений изучаемых показателей. Проведенное морфологическое исследование плодов после воздействия метомила тератогенного эффекта не выявило.

Наблюдаемое в эксперименте снижение массы тела самок можно объяснить снижением потребления пищи вследствие нарушения гормонального баланса и/или прямого цитотоксического действия карбаматного инсектицида.

Таким образом, проведенное исследование по изучению пренатальной токсичности метомила при пероральном воздействии на организм теплокровных в течение всего периода беременности позволило установить недействующие дозы (далее — NOEL) исследуемого вещества на уровнях:

NOEL — 9,4 мг/кг м. т. (для матери);

NOEL — 33,9 мг/кг м. т. (эмбриотоксичность);

NOEL — 33,9 мг/кг м. т. (тератогенность).

Сделан вывод о том, что, несмотря на оказываемое метомилом влияние на щитовидную железу, он не обладает тератогенным и эмбриотоксическим потенциалом. Из данных наблюдений можно сделать вывод, что вызываемые метомилом изменения в морфологических структурах щитовидной железы крыс-матерей не являются достаточно значительными с биологической точки зрения для формирования дефицитов, приводящих к патологическому развитию потомства.

Поступила 06.09.2023

## АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРОКОВ ГОДНОСТИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ ОДНОРАЗОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Грынчак В. А., к. м. н., *grinchakva@gmail.com*,  
Протасевич У. С., *us.toxlab@gmail.com*,  
Лисовская Г. В., *ptiza-igl@mail.ru*,  
Крыж Т. И., *tanya\_kostousova@mail.ru*,  
Деменкова Т. В., *tvdem@list.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Применение новых разнообразных медицинских изделий необходимо для совершенствования методов профилактики, диагностики и лечения. Для обеспечения безопасного использования медицинские изделия отечественного и зарубежного производства перед выходом на рынок проходят процедуру государственной регистрации. Пройдя все испытания, оценки и получив регистрационное удостоверение, медицинское изделие может применяться по назначению на территории нашей страны. Одним из важнейших показателей безопасности медицинских изделий является срок годности. Использование в клинической практике медицинских изделий с нарушенной целостностью упаковки, обеззараженных с применением неадекватных способов и режимов хранения, естественно состарившихся может привести к тяжелым последствиям для пациентов (сепсис, тромбоз, абсцесс, перитонит, отторжение имплантатов и др.) вплоть до летального исхода. Применение различных методов обработки медицинских изделий способствует деструкции материалов, и, как результат, происходит «старение». Особенно это важно при разработке, постановке на производство и дальнейшей реализации новых изделий, для которых ранее не были установлены сроки годности.

Целью исследования являлось изучение и анализ литературных данных и методов определения сроков годности медицинских изделий одноразового применения.

В соответствии с перечнем документов, необходимых для регистрации, утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 23.04.2015 № 55 «О комплексе предварительных технических работ, предшествующих государственной регистрации» и Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 12.02.2016 № 46 «О Правилах регистрации и экспертизы безопасности, качества и эффективности медицинских изделий», производитель или его уполномоченный представитель должен предоставить отчет об исследованиях сроков годности (стабильности) медицинских изделий. Отчет должен подтверждать способность изделия сохранять заявленные свойства на протяжении всего срока годности и содержать сведения о стабильности. Однако для составления указанного отчета производители используют результаты технических испытаний медицинских изделий на протяжении всего срока годности и не учитывают такие гигиенически значимые показатели безопасности для здоровья человека, как органолептические, токсикологические, микробиологические и санитарно-химические.

В настоящее время в странах Евразийского экономического союза применяется единственный международный стандарт ГОСТ ISO 11607-1-2018 «Упаковка для медицинских изделий, подлежащих финишной стерилизации. Часть 1. Требования к материалам, барьерным системам для стерилизации и упаковочным системам», который лишь косвенно касается испытаний на стабильность только стерильных медицинских изделий, что является недостаточным в связи с широким разнообразием материалов, микробиологического статуса, видов и групп медицинских изделий. Также существуют зарубежные стандарты, используемые для установления сроков годности медицинских изделий: ASTM F1980-21 «Standard Guide for Accelerated Aging of Sterile Barrier Systems and Medical Devices», ASTM D3045-18 «Standard Practice for Heat Aging of Plastics Without Load», ASTM D4332-14 «Standard Practice for Conditioning Containers, Packages, or Pack-aging Components for Testing», ISO 4892-3:2016 «Plastics — Methods of exposure to laboratory light sources — Part 3: Fluorescent UV lamps» и др. Все они посвящены частным вопросам исследований для определения сроков годности медицинских изделий. Ни один из стандартов не устанавливает системный подход к определению сроков годности всех классов потенциального риска использования медицинских изделий одноразового применения, в связи с чем не представляется возможным провести гигиеническую оценку установленных производителями сроков годности.

Таким образом, на основании анализа литературных данных можно заключить, что разработка и внедрение в Республике Беларусь современного научно обоснованного метода определения сроков годности медицинских изделий одноразового применения, включающего методические

подходы, критерии оценки, алгоритм изучения сроков годности, является актуальной гигиенической задачей и будет способствовать повышению достоверности результатов определения сроков годности, снижению уровня риска нарушения здоровья населения, ассоциированного с использованием медицинских изделий одноразового применения с недостоверно установленным сроком годности.

Поступила 05.09.2023

## КАРДИОВАСКУЛЯРНАЯ ТОКСИЧНОСТЬ СВИНЦА И КАДМИЯ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

<sup>1</sup>Клинова С. В., к. б. н., *klinova.svetlana@gmail.com*,

<sup>1</sup>Минигалиева И. А., д. б. н., *ilzira-minigalieva@yandex.ru*,

<sup>1</sup>Сутункова М. П., д. м. н., *marinasutunkova@yandex.ru*,

<sup>1, 2</sup>Панов В. Г., к. ф.-м. н., *vpanov@ecko.uran.ru*,

<sup>3</sup>Проценко Ю. В., д. б. н., *y.protsenko@iip.uran.ru*,

<sup>3</sup>Никитина Л. В., д. б. н., *laranikita63@gmail.com*,

<sup>3</sup>Герцен О. П., к. б. н., *o.p.gerzen@gmail.com*

<sup>1</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Екатеринбург, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт промышленной экологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

Всемирная организация здравоохранения выделяет заболевания сердечно-сосудистой системы (далее — ССС) как главные причины высокой смертности во всем мире. По данным Федеральной службы по труду и занятости Российской Федерации, основной причиной смерти на рабочем месте являются заболевания сердца (75 %) и сосудов (8 %). Один из факторов риска развития заболеваний ССС — химическое загрязнение атмосферы и воздуха рабочей зоны. Рабочие цехов плавления, розлива, рафинирования черных и цветных металлов часто подвергаются комбинированному воздействию свинца и кадмия. Особую опасность представляют ультратонкие частицы (наночастицы — НЧ) токсичных веществ, которые составляют значительную часть производственного и атмосферного загрязнения воздуха.

Целью нашей работы является исследование влияния свинца и кадмия на сердечно-сосудистую систему экспериментальных животных.

Было проведено 2 субхронических эксперимента (свинец и кадмий в виде растворимых солей и наночастиц оксидов) длительностью 6 недель. Интоксикацию моделировали на белых беспородных крысах-самцах, случайным образом разделенных на 4 группы (контроль, Pb, Cd, Pb + Cd) по 12 животных в каждом эксперименте. Возраст животных на начало эксперимента составлял 2,5–3 месяца, масса тела — около 220 г.

Для моделирования интоксикации внутрибрюшинно 3 раза в неделю животным вводили растворы солей металлов или суспензии НЧ (изолированно и в комбинации). Разовые дозы солей (3-водный ацетат свинца и 2,5-водный хлорид кадмия) составляли 6,01 мг Pb и 0,377 мг Cd на 1 кг массы тела. Суспензии НЧ оксидов металлов (2,32 мг Pb и 0,22 мг Cd на 1 кг массы тела) получали методом лазерной абляции. НЧ имели форму, близкую к сферической. Средний диаметр ( $\pm$  стандартное отклонение) составлял  $49,6 \pm 16,0$  нм для НЧ PbO и  $57,0 \pm 13,0$  нм для НЧ Cd O.

По окончании эксперимента неинвазивно регистрировали параметры электрокардиограммы (далее — ЭКГ) и артериального давления (далее — АД) у животных. Исследовали специфические показатели сыворотки крови (концентрация кальция, эндотелина-1, натрийуретических пептидов (далее — НУП), активность ангиотензин-превращающего фермента (далее — АПФ)), проводили гистологический анализ тканей сердца. Сократимость миокарда оценивали на изолированных многоклеточных полосках миокарда — трабекулах и папиллярных мышцах в изометрическом и физиологическом режимах сокращений. Соотношение изоформ тяжелых цепей миозина определяли с по-

мощью гель-электрофореза. Для математического описания комбинированной токсичности была использована методология построения поверхности отклика.

В проведенных нами экспериментах получено слабо или умеренно выраженное токсическое действие свинца и/или кадмия на системно-организменном уровне, поступавших в организм в виде растворимых солей или НЧ оксидов металлов в использованных сублетальных дозировках.

При развитии интоксикации растворимыми солями свинца и кадмия показаны увеличение концентрации эндотелина-1 и снижение содержания НУП, скорости кровотока в хвосте и толщины внутренней оболочки стенки аорты. При воздействии НЧ PbO и/или НЧ CdO было выявлено снижение в той или иной степени как вазоконстрикторов (активность АПФ, концентрация эндотелина-1), так и вазодилататоров (содержание НУП).

При субхроническом воздействии на организм соли свинца обнаружены признаки гипертрофии миокарда (увеличение кардиомиоцитов (далее — КМЦ)) и небольшое повышение показателей АД, в то время как при интоксикации НЧ PbO отмечалось снижение толщины КМЦ и параметров АД.

При кадмиевой интоксикации наблюдали начальные признаки дистрофии миокарда и небольшое снижение показателей АД и периферического кровотока по сравнению с контрольной группой (при интоксикации как хлоридом кадмия, так и НЧ CdO).

Интоксикация растворимыми солями свинца и кадмия в комбинации удлиняла интервал QT и снижала вольтаж изоэлектрической линии на ЭКГ. Снижение вольтажа изоэлектрической линии может свидетельствовать о повреждении миокарда или о метаболических нарушениях в нем. Поэтому можно предположить связь рассматриваемого ЭКГ-феномена с токсическим повреждением (например, с частичным апоптозом) КМЦ. Вместе с тем мы полагаем, что диффузные метаболические (ионообменные и/или энергетические) нарушения являются не только прямым следствием кардиотоксичности металлов, оказавшихся в КМЦ, но и — в случае свинца — хорошо известным вторичным результатом гипертрофии КМЦ, развивающейся из-за повышения давления.

Во всех экспериментальных группах оба металла уменьшали силу изометрических сокращений изолированных препаратов миокарда, т. е. выявлен отрицательный инотропный эффект. При этом стабилизация амплитуды одиночного сокращения происходила при свинцовой интоксикации за счет уменьшения максимальной скорости развития силы и замедления цикла «сокращение-расслабление», а при кадмиевой интоксикации, наоборот, за счет увеличения максимальной скорости развития силы и укорочения цикла «сокращение-расслабление». Молекулярным механизмом влияния металлов на сократительную активность миокарда являлся сдвиг соотношения изоформ тяжелых цепей миозина.

При оценке комбинированного действия металлов в обеих исследуемых формах на сократимость миокарда наблюдали неоднозначность изменений для разных показателей: часть изменялась в направлении, характерном для воздействия свинца, часть — для кадмия, иногда комбинация металлов нивелировала изолированное влияние друг друга, но были и показатели, где повреждающее действие было усилено в комбинации.

Стабильность наклонов зависимостей «напряжение-длина» и «сила-скорость» изолированных мышечных препаратов экспериментальных животных подтверждает сохранение гетерометрической регуляции сократимости миокарда. Это может указывать на возможную адаптацию миокарда к неблагоприятным эффектам интоксикаций данными металлами в использованных дозах. В то же время при воздействии на крыс НЧ CdO и НЧ PbO токсическое влияние проявляется снижением эффективности контрактильного аппарата КМЦ, оцениваемой по производимой изолированными мышечными препаратами работе. Кардиотоксическое действие оказалось более выраженным при комбинированном действии НЧ.

Как неоднократно было продемонстрировано в более ранних исследованиях нашей группы, выявлена неоднозначность типа комбинированной токсичности одной и той же пары химических веществ в зависимости от эффекта, по которому она оценивается, от уровня этого эффекта и от соотношения доз, также и для показателей кардиоваскулярной токсичности.

При субхронической интоксикации солями свинца и кадмия и наночастицами их оксидов выявлено не только прямое кардиовасотоксическое действие исследованных металлов, но и опосредованное через различные токсикодинамические механизмы организменного уровня. При этом основные механизмы гетерометрической регуляции миокарда сохраняются, что указывает на его адаптационные возможности.

Поступила 06.09.2023



# АНАЛИЗ МЕЖСИСТЕМНЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАТЕРИНСКОГО ОРГАНИЗМА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ БИОИНСЕКТИЦИДА ЭНТОМОФТОРИНА

Орленкович Л. Н., Dr. med., lilyorlenk@inbox.lv

ООО «Медицина труда» кафедры медицины труда и здоровья окружающей среды Рижского университета Страдыня, г. Рига, Латвия

Существенное увеличение объемов производства сельскохозяйственной продукции сопровождается широким использованием эффективных инсектицидов, в том числе биоинсектицидов, что требует обоснования гигиенических регламентов с учетом особенностей их влияния на гомеостаз материнского организма в связи с большой занятостью женщин репродуктивного возраста в их производстве и при применении. Использование парного корреляционного анализа для изучения межсистемных взаимосвязей показателей беременных крыс дает возможность оценки особенностей развития адаптивных и компенсаторно-приспособительных реакций материнского организма по мере увеличения уровней дезинтеграции биопрепарата.

Цель работы — выявление особенностей дозозависимого влияния биоинсектицида энтомофторина на иммунную и гепатобилиарную системы, микрофлору кишечника, поведенческие и вегетативные реакции беременных крыс в тесте «открытое поле» путем анализа корреляций между показателями данных систем при ингаляционном поступлении в течение всей беременности.

Объект исследования — биоинсектицид энтомофторин, созданный на основе энтомопатогенного гриба *Entomophthora thaxteriana*. В опытах при повторном ингаляционном поступлении на уровне недействующей, подпороговой, пороговой и действующей концентраций использованы белые беспородные самки крыс массой 180–220 г, содержащиеся в стандартных условиях вивария на стандартном пищевом рационе. Анализ показателей проведен по изменениям среднестатистических значений и методом парных корреляций. Статистическая группа состояла из 16 особей. Работа выполнена согласно «Методическим рекомендациям по токсиметрии» в соответствии с правилами гуманного отношения к животным по принципам Европейской конвенции по защите позвоночных животных для целей эксперимента (Страсбург, 1986).

Регистрацию одномоментно снятых показателей проводили на 20-й день беременности. Для оценки поведенческих и вегетативных реакций крыс использован метод «открытое поле». В микробиоте кишечника выявляли содержание анаэробов, аэробов, бифидобактерий, лактобацилл, бактероидов, *E. coli*, протеев, стафилококков, грибов рода *Candida*. Для оценки состояния иммунной системы использовали реакцию ауторозеткообразования (ауто-РОК) на тимоцитах, спленоцитах и лимфоцитах крови; определяли фагоцитарную реакцию нейтрофилов крови; в сыворотке крови устанавливали титр антител, содержание  $\alpha_1$ -,  $\alpha_2$ -глобулинов (белков острой фазы или провоспаления),  $\gamma$ -глобулина. Для оценки гепатобилиарной системы использовали определение содержания в сыворотке крови альбумина,  $\beta$ -глобулина, мочевины, активности аланинаминотрансферазы (далее — АЛТ) и аспаратаминотрансферазы (далее — АСТ), щелочной фосфатазы. Парные корреляции между показателями выявляли с применением пакета прикладных программ Statistica 10. Исходя из количества животных в группе регистрировали сильные ( $0,7 \leq R \leq 1,0$ ) и средние ( $0,497 \leq R \leq 0,699$ ) взаимосвязи ( $p < 0,05$ ), оценивая их достоверность с помощью  $\chi^2$ -теста (Pearson Correlation, SPSS for Windows 16).

Анализ межсистемных корреляций показателей аутофлоры кишечника, иммунной и гепатобилиарной систем, поведенческих и вегетативных реакций беременных крыс выявил тесное взаимодействие вышеуказанных систем между собой. Количественный анализ межсистемных взаимосвязей показателей 4 систем беременных крыс выявил только 57 взаимосвязей (из них 93 % средних, 11 : 11 : 11 : 14 против 10 взаимосвязей в контроле).

Анализ взаимосвязей показателей интактных беременных самок выявил, что нарастание защитного торможения в ЦНС и возбуждения в вегетативной нервной системе, появление тревожности из-за страха незнакомой обстановки, а также снижение клеточных факторов неспецифической защиты организма, нарастание белков провоспаления сопровождалось активацией защитной анаэробной микрофлоры, нарастанием активности АЛТ, усилением процессов азотистого обмена, увеличением синтеза транспортных белков. Результаты изучения состояния интактных беременных крыс выявили незначительное количество межсистемных корреляций показателей, что указывает на адекватный уровень активации защитных процессов материнского организма с преобладанием внутрисистемных адаптационных реакций над системными.

Анализ взаимосвязей показателей при воздействии минимальной концентрации препарата выявил сохранение 4, исчезновение 6, появление 6 новых корреляций. Появление новых взаимосвязей указывает на усиление ориентировочно-исследовательской активности, увеличение возбуждения в вегетативной нервной системе, нарастание состояния тревожности, сопровождавшиеся активацией защитной анаэробной аутофлоры, нарастанием активности трансаминаз, снижением активности антитоксического иммунитета, нарастанием условно-патогенных стафилококков в результате эндогенной и экзогенной токсической нагрузки на материнский организм.

Анализ корреляций показателей при воздействии подпороговой концентрации препарата установил сохранение 2, появление 1 парадоксальной (изменившей знак парной корреляции на противоположный) и 8 новых взаимосвязей 4 систем. Новые разнонаправленные взаимосвязи свидетельствуют о снижении ориентировочно-исследовательской активности, появлении реакций защитного торможения в ЦНС, усилении состояния тревожности, сопровождавшихся снижением антителогенеза, нарастанием белков острой фазы, аэробной аутофлоры и активности трансаминаз.

Таким образом, воздействие двух наименьших концентраций препарата выявило изменения межсистемных взаимосвязей показателей у беременных крыс, указывающие на формирование адаптационных перестроек в условиях физиологической и токсической нагрузки на материнский организм.

Анализ корреляций показателей при воздействии пороговой концентрации препарата выявил исчезновение всех связей по сравнению с контролем, появление 1 парадоксальной и 10 новых корреляций. Новые разнонаправленные корреляции указывают на одновременные процессы возбуждения и торможения в ЦНС, снижение ориентировочно-исследовательской активности, нарастание состояния конфликта, увеличение возбуждения в вегетативной нервной системе, сопровождавшиеся снижением активности В-системы иммунитета и транспорта белков, нарастанием  $\gamma$ -глобулинов и активности АСТ, усилением процессов азотистого обмена, нарастанием условно-патогенной аутофлоры кишечника в результате увеличения эндогенной и экзогенной токсической нагрузки на материнский организм. Полученные изменения указывают на напряжение регуляторных механизмов факторов защиты материнского организма, не выходящих за пределы его компенсаторных возможностей.

Анализ корреляций показателей при поступлении действующей концентрации препарата выявил сохранение 1, появление 1 парадоксальной и 12 новых межсистемных взаимосвязей. Новые разнонаправленные корреляции указывают на значительное возбуждение в ЦНС, проявление состояния конфликта с поведением смещенной активности, сопровождавшиеся снижением активности В-системы иммунитета, антителогенеза и транспорта белков, нарастанием белков воспаления, снижением реабсорбирующей и фильтрующей функции выделительной системы, снижением защитной анаэробной и аэробной микрофлоры кишечника в результате значительной токсической нагрузки на материнский организм.

Поступила 22.09.2023

## **ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ *IN VITRO* ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЩЕТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ КОСМЕТИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ**

*Протасевич У. С., us.toxlab@gmail.com,  
Анисович М. В., m\_anisovich@mail.ru,  
Ильюкова И. И., к. м. н., toxlab@mail.ru,  
Грынчак В. А., к. м. н., grinchakva@gmail.com*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Производство и использование парфюмерно-косметической продукции в мире достигают сотен тысяч тонн в год. В Республике Беларусь парфюмерно-косметическая отрасль промышленности обеспечивает поступление продукции как на внутренний, так и на внешний рынок и является одной из наиболее активно развивающихся в стране.

В соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза 009/2011 «О безопасности парфюмерно-косметической продукции» (далее — ТР ТС 009/2011) в Республике Беларусь вся производимая или импортируемая косметическая продукция должна проходить оценку по ток-

сикологическим показателям. В настоящее время исследование токсических свойств парфюмерно-косметической продукции в значительной степени основано на экспериментах с использованием лабораторных животных. ТР ТС 009/2011 позволяет проводить оценку безопасности продукции по токсикологическим показателям не только с использованием лабораторных животных, но и с применением методов *in vitro*. Некоторые скрининговые тесты оценки общетоксического действия косметической продукции уже внедрены в практику, но существует недостаток данных о прогностической значимости и воспроизводимости тестов при исследовании различных видов парфюмерно-косметической продукции (косметическая продукция жидкая, порошкообразная, на носителях, на эмульсионной, спиртовой, жировой основах и т. д.).

Целью данной работы стала оценка эффективности применения методов *in vitro* для тестирования безопасности различных видов косметической продукции.

В работе были исследованы различные виды косметической продукции (изделия на жидкой, твердой, жировой основах). Исследованию подвергались образцы продукции, заведомо не обладающие раздражающим, кожно-раздражающим действием. Была проведена оценка применения трех различных методов исследования общетоксического действия готовых форм косметической продукции: оценка цитотоксичности на культуре эмбриональных кожно-мышечных фибробластов в МТТ-тесте в соответствии с ГОСТ ISO 10993.5-2011 «Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий. Часть 5. Исследования на цитотоксичность: методы *in vitro*», люминесцентный бактериальный тест (с применением измерительного прибора люминометра типа «Биотокс-10»), оценка летальности (подвижности) инфузорий *Tetrahymena pyriformis* в остром эксперименте.

По результатам опытов показано, что оценка цитотоксичности на культуре эмбриональных кожно-мышечных фибробластов в МТТ-тесте не может применяться для оценки общетоксического действия всех типов косметической продукции. Данный тест применим только для исследования кремов, жидких бесспиртовых продуктов: гибель клеток при экспозиции 10%-ми растворами указанных видов продукции не превышает 20% (время экспозиции 4 и 24 часа). Воспроизводимость результатов для данного теста составила 87%, прогностическая значимость — менее 50%.

Установлена применимость люминесцентного теста на основе биосенсора (люминесцентных бактерий «Эколюм») для всех исследуемых видов косметической продукции. Получены релевантные результаты для продукции на твердой, жидкой, жировой основах. Вместе с тем установлено, что тест обладает малой воспроизводимостью. Значения индекса токсичности для образцов косметической продукции в повторных экспериментах могут отличаться более чем на 30%.

Наибольшей воспроизводимостью (83%) и прогностической значимостью (93%) в проведенном исследовании обладал тест на летальность (подвижность) инфузорий *Tetrahymena pyriformis* в остром эксперименте (время экспозиции 3 часа). Показано, что *Tetrahymena pyriformis* является применимым тест-объектом для всех видов косметической продукции.

Таким образом, была изучена эффективность применения трех различных методов исследования общетоксического действия парфюмерно-косметической продукции (оценка цитотоксичности в МТТ-тесте, люминесцентный бактериальный тест, оценка летальности или подвижности инфузорий *Tetrahymena pyriformis*). Показано, что тест на летальность (подвижность) инфузорий *Tetrahymena pyriformis* в остром эксперименте является прогностически наиболее эффективной тест-моделью для оценки общетоксического действия косметической продукции.

Поступила 18.09.2023

## **ОЦЕНКА СЕНСИБИЛИЗИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ПРИМЕРЕ КОМБИНИРОВАННОГО ПРЕПАРАТА «КЛИНБАК»**

Студеничник Т. С., к. б. н., [stu-tanya@mail.ru](mailto:stu-tanya@mail.ru),  
Чернышова Е. В., к. м. н., [emerald\\_25@mail.ru](mailto:emerald_25@mail.ru),  
Эрм Г. И., к. б. н., [erm-galina@mail.ru](mailto:erm-galina@mail.ru)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Беларусь

Наряду с видимым положительным эффектом применения продуктов современной биотехнологии при производстве и использовании микроорганизмов и биопрепаратов на их основе возможно

загрязнение ими производственной среды, выделение микроорганизмов в воздух рабочей зоны и атмосферы с последующим вредным воздействием на здоровье работников.

Для обоснования необходимых мер профилактики вредного действия микробного препарата на организм работников при производстве и применении необходимы изучение и оценка токсических, иммунотоксических, а также сенсibiliзирующих свойств препарата.

При изучении комбинированного микробного препарата «Клинбак», предназначенного для очистки коммунально-бытовых и сельскохозяйственных сточных вод, определяли степень сенсibiliзирующей активности путем воспроизведения и выявления гиперчувствительности замедленного типа (далее — ГЗТ) в стандартных условиях.

Данный метод проводился не в отдельном специальном эксперименте, а на 1-й стадии изучения биологического действия микробного препарата при месячном ингаляционном воздействии на одних и тех же группах опыт и контроль белых крыс, что позволяет сократить время эксперимента.

Выявление сенсibiliзирующего действия проводилось на 6-е сутки опыта интраназального введения белым крысам препарата в дозе по  $0,1 \text{ см}^3$  ( $4,0 \times 10^8$  кл/жив.) провокационным тестом опухания лапы (далее — ВТОЛ) путем внутрикожного введения опытным и контрольным животным в апоневроз коллатеральных задних лап препарата в дозе по  $1,2 \times 10^6$  кл/жив. в объеме  $0,06 \text{ см}^3$ .

По результатам исследований установлено, что препарат при пятикратном введении вызывал развитие у 8 из 10 опытных животных сильно выраженной ГЗТ, что регистрировалось по возрастанию у них в 5,5 раза абсолютного показателя теста опухания лапы по сравнению с контролем ( $p < 0,001$ ), а также относительной величины ВТОЛ в баллах, которая превышала таковую в контроле в 10 раз ( $p < 0,001$ ).

Частота положительных провокационных кожных реакций у более чем 75 % опытных животных, подвергавшихся воздействию препарата, при существенной значимости различий относительного показателя ВТОЛ в контроле и опыте по t-критерию Стьюдента при  $p < 0,001$  и по критерию «Х» Ван дер Вардена при  $p < 0,01$  свидетельствует о сильной выраженности сенсibiliзирующей способности микробного препарата «Клинбак», на основании чего можно отнести препарат к 1 классу аллергенной опасности.

С учетом проявления выраженного сенсibiliзирующего действия микробного препарата «Клинбак» при его производстве и применении следует в обязательном порядке предусмотреть меры коллективной (приточно-вытяжная механическая вентиляция) и индивидуальной защиты (средства индивидуальной защиты органов дыхания, очки, спецодежда), технологические меры, направленные на предупреждение или ограничение поступления его в воздух рабочей зоны (герметизация, укрытие и внутренняя аспирация оборудования), а также меры первичной и вторичной медицинской профилактики.

Поступила 21.09.2023

## **ОСОБЕННОСТИ ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ АМЛОДИПИНА БЕСИЛАТ В ХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ**

*Чернышова Е. В., к. м. н., emerald\_25@mail.ru,*

*Богданов Р. В., к. м. н., promtox@rspch.by,*

*Евтерева А. А., promtox@rspch.by,*

*Табелева Н. Н., к. м. н., nmio@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Изучение особенностей биологического действия на организм лабораторных животных при хроническом воздействии химического вещества является одним из основных используемых методических приемов гигиенической токсикологии, позволяющих оценить степень опасности при его многократном воздействии на организм.

Целью настоящего исследования являлось определение в эксперименте на белых крысах способности фармацевтической субстанции амлодипина бесилат оказывать неблагоприятное воздействие на уровне проявления токсических эффектов на функциональное состояние органов и систем лабораторных животных с установлением порога хронического действия.

В экспериментах использовались дозы субстанции, кратные от максимально введенной в остром и подостром эксперименте.

В хроническом эксперименте токсическое действие фармацевтической субстанции амлодипина бесилат оценивали в условиях ежедневного ингаляционного поступления методом интраназального введения белым крысам (по 12 самок и самцов в каждой группе) при четырехмесячном воздействии по 5 раз в неделю в концентрациях: I группа — контрольная, II группа животных подвергалась воздействию концентрации  $10,0 \pm 1,3$  мг/м<sup>3</sup>, III группа —  $2,00 \pm 0,34$  мг/м<sup>3</sup>, IV группа —  $0,40 \pm 0,01$  мг/м<sup>3</sup>.

Методы исследования подбирались таким образом, чтобы с учетом имеющихся сведений об особенностях вредного действия изучаемого вещества на организм лабораторных животных оценить функциональное состояние основных органов и систем (сердечно-сосудистой, нервной, дыхательной, мочевыделительной и др.), а также состояние организма в целом.

Качественными и количественными критериями токсического действия изучаемой фармацевтической субстанции служили ряд интегральных (на уровне целостности организма) и специфических (характеризующих функции различных органов и систем) показателей: масса тела и относительные коэффициенты массы внутренних органов животных, суммационно-пороговый показатель, состав периферической крови, биохимические показатели сыворотки крови и мочи.

В течение всего эксперимента проводили систематическое наблюдение за состоянием, поведением животных, потреблением корма и воды, отмечали возможные проявления токсичности, учитывали количество и сроки возможной гибели животных, снимали физиологические параметры.

Для выявления биологического действия изучаемой субстанции на организм животных определяли ряд интегральных, специфических и морфофункциональных показателей, информативно характеризующих состояние иммунной, кроветворной, гепатобилиарной, легочной, мочевыделительной, сердечно-сосудистой и нервной систем.

Работа выполнена с соблюдением правил гуманного отношения к животным в соответствии с принципами Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых в эксперименте (1986), и директивы Европейского парламента и Европейского союза по охране животных, используемых в экспериментах, 2010/63/EU.

Статистическую обработку результатов исследования хронического эксперимента проводили с использованием программы Statistica 13.0, применяли непараметрические методы и критерии. Анализ различий в двух независимых группах по количественным показателям проводили с использованием U-критерия Манна — Уитни. Нулевую гипотезу отклоняли при уровне статистической значимости  $p < 0,05$ .

На протяжении всего 4-месячного эксперимента не регистрировали видимых симптомов интоксикации и гибели животных, общее состояние белых крыс в испытанных концентрациях от  $0,4$  мг/м<sup>3</sup> до  $10$  мг/м<sup>3</sup> не отличалось от контрольной группы.

В ходе эксперимента через 4 месяца интраназального введения субстанции у белых крыс, подвергавшихся воздействию концентрации  $10$  мг/м<sup>3</sup> амлодипина бесилата, установлено уменьшение относительного коэффициента массы почек на  $12,18\%$  и сердца — на  $16,7\%$ . Изменений динамики массы тела животных и внутренних органов по сравнению с контролем зарегистрировано не было.

Макроскопически внутренние органы крыс опытных групп не отличались от таковых контрольных животных.

Со стороны гематологических показателей длительное воздействие амлодипина бесилата в концентрации  $10$  мг/м<sup>3</sup> приводило к статистически значимому по отношению к контролю снижению количества лейкоцитов (в  $1,9$  раза;  $p < 0,5$ ). Также отмечено достоверное снижение количества лейкоцитов (в  $1,74$  раза;  $p < 0,5$ ) в группе, подвергавшейся воздействию концентрации  $2$  мг/м<sup>3</sup>.

При этом концентрация  $0,4$  мг/м<sup>3</sup> не оказывала токсического действия на гематологические показатели, которые находились в пределах вариабельности нормы и не отличались от показателей контрольной группы.

Проведен анализ показателей сыворотки крови, являющихся маркерами поражения печени, которая является органом детоксикации поллютантов в организме. Анализ результатов исследования биохимических показателей в сыворотке крови белых крыс на 120-е сутки эксперимента показал, что действие концентрации  $10$  мг/м<sup>3</sup> вызывает увеличение активности аланинаминотрансферазы на  $27,9\%$  ( $p < 0,05$ ) и аспартатаминотрансферазы на  $40,7\%$  ( $p < 0,05$ ), что свидетельствует о процессах, связанных с нарушением целостности мембранных структур гепатоцитов. Хроническое ингаляционное воздействие концентрации  $10$  мг/м<sup>3</sup> вызывало снижение содержания щелочной фосфатазы на  $18,8\%$  ( $p < 0,5$ ). Также в группе с концентрацией  $10$  мг/м<sup>3</sup> выявлено увеличение креатинина в сыворотке с  $46,2$  мкмоль/л до  $83,7$  мкмоль/л ( $p < 0,05$ ).

Значения других биохимических показателей крови находились в пределах диапазона, принимаемого за физиологическую норму для данного вида животных.

Со стороны показателей состояния мочевыделительной системы на 120-е сутки эксперимента не отмечались статистически значимые изменения изучаемых показателей в опытных группах по сравнению с контрольной группой.

Таким образом, в хронических опытах при ингаляционном введении белым крысам амлодипина бесилата в концентрациях 2 мг/м<sup>3</sup> и 10 мг/м<sup>3</sup> установлены дозозависимые токсические эффекты. Наиболее выраженные изменения морфофункциональных, гематологических и биохимических показателей установлены у животных в опыте при воздействии концентрации 10 мг/м<sup>3</sup>, что отражает нарушения морфологического состава периферической крови, функционального состояния печени и почек.

Данные изменения свидетельствуют, что концентрация 10,0 мг/м<sup>3</sup> является действующей концентрацией и оказывает токсическое влияние на функциональные, гематологические и биохимические процессы белых крыс во время хронического воздействия. Концентрация на уровне 2,0 мг/м<sup>3</sup> может быть принята в качестве порога хронического действия по лимитирующему показателю вредности, которым является содержание лейкоцитов в крови (лейкопения). Концентрация на уровне 0,4 мг/м<sup>3</sup> оказалась недействующей концентрацией, поскольку изученные морфофункциональные показатели организма животных в опытных группах не отличались от таковых в контрольной группе.

Поступила 20.09.2023

## **АПРОБАЦИЯ ТУРБИДИМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ АКТИВНОСТИ ЛОКАЛЬНЫХ ГЕМОСТАТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПО ВРЕМЕНИ СВЕРТЫВАНИЯ ПЛАЗМЫ КРОВИ**

Чехольский А. С., к. т. н., доцент, [cheholski@tut.by](mailto:cheholski@tut.by)

Государственное научное учреждение «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

Создание новых гемостатических средств для остановки кровотечений в хирургической практике, при ликвидации последствий катастроф и террористических актов, а также в условиях боевых действий продолжает быть актуальным. Это обусловлено тем, что кровотечение является основной причиной смерти среди раненых в боевых действиях и среди гражданского населения и имеет значительные клинические и экономические последствия. Несмотря на жизненно важную роль в лечении кровотечений, оптимальное местное гемостатическое средство еще предстоит разработать для конкретного сценария. Возможно, это связано с отсутствием всеобъемлющей технологии количественного тестирования для характеристики различных классов локальных гемостатиков *in vitro*. К их числу относятся средства, включающие большую группу неорганических соединений металлов. Так, довольно часто используемым гемостатическим агентом является раствор Монселя (20%-го гидроксисульфат железа), который был описан Леоном Монселем в 1856 г. Известен гемостатический препарат каппрофер, созданный в 1980 г. на кафедре стоматологии Ереванского института усовершенствования врачей. Он представляет собой карбонильный комплекс трехвалентного железа с  $\epsilon$ -аминокапроновой кислотой на физиологическом растворе натрия хлорида. В Республике Беларусь выпускается локальный гемостатик алюфер, представляющий собой раствор гексагидратов железа и алюминия. Оценка эффективности перечисленных лекарственных средств основана на клиническом применении и экспериментах на лабораторных животных. В растворах соли металлов диссоциируют на анион и катион. Катионы образуют с белками крови и тканей соединения, называемые альбуминаты, что сопровождается изменением структуры белков и их коагуляцией. По интенсивности и характеру действия соли различных металлов существенно различаются.

Объективная количественная оценка эффективности гемостатиков, как правило, отсутствует в нормативных документах, таких как фармакопейные статьи и технические условия. Возможно, это связано с отсутствием всеобъемлющей технологии количественного тестирования для характеристики различных классов локальных гемостатиков *in vitro*. Главным критерием выступает время остановки кровотечения. Между тем в клинической практике применяется турбидиметрический метод исследования коагуляционных свойств плазмы крови для определения времени свертывания в ряде тестов.

Целью работы является апробация турбидиметрического метода исследования коагуляционных свойств плазмы крови для оценки активности гемостатических жидкостей на основе неорганических солей железа и алюминия.

В проведенном исследовании за основу взята методика определения тромбинового времени оптическим способом, в ходе которого фиксируется появление волокон фибрина под действием тромбина, но при этом объектом исследования является гемостатическая жидкость, а плазма используется как контрольный реагент.

Тестировались 2 препарата: раствор гемостатический алюфер, предназначенный для применения в качестве местного гемостатического средства, и гемостатический препарат капрофер. Алюфер содержит на 1 мл раствора 500 мг гексагидрата хлорида железа и 450 мг гексагидрата хлорида алюминия в качестве активных ингредиентов, остальное — вода очищенная. В капрофере на 1 мл раствора содержится: активные ингредиенты — железа (III) хлорид 6-водное — 947 мг,  $\epsilon$ -аминокапроновая кислота — 24 мг, а вспомогательное вещество — раствор натрия хлорида изотонического 0,9% — 448 мг.

В качестве материалов использовались плазма контрольная нормальная ДИАН™, растворенная в дистиллированной воде, и гемостатическое средство алюфер — раствор для местного применения производства ГУ «РНПЦ трансфузиологии и медицинских биотехнологий» (Республика Беларусь). Дополнительно исследовалось гемостатическое средство капрофер — раствор для наружного применения производства ОАО «Ликвор» (Республика Армения).

Использовался гемокоагулометр турбидиметрический (одноканальный), модель CGL2110 (Республика Беларусь). Для определения времени свертывания плазмы в пластиковую кювету вносили 0,1 мл исследуемой плазмы. Плазму инкубировали в течение 2 минут при температуре 37 °С. Далее к плазме добавляли 0,2 мл раствора локального гемостатического средства и фиксировали время образования сгустка белков плазмы. Проведены 2 серии измерений времени свертывания контрольной плазмы — 6 измерений для алюфера и 8 измерений для капрофера.

Данные измерений обработаны с использованием программы Microsoft Excel 2007, Statistica 7. Достоверность различий средних значений времени свертывания белков плазмы оценивали по *t*-критерию Стьюдента, достоверными считали различия при  $p < 0,1$ .

Для алюфера (раствора для местного применения) среднее время свертывания белков контрольной нормальной плазмы составило  $8,6 \pm 0,8$  с в диапазоне  $8,2 \div 9,3$  с; при тестировании капрофера (раствора для наружного применения) время свертывания было  $8,1 \pm 0,1$  с в диапазоне  $8,1 \div 8,2$  с.

Полученные результаты отражают особенности химического состава исследованных локальных гемостатических средств, что косвенно подтверждает различие во взаимодействии белковых молекул плазмы крови с ионами различных металлов, в данном случае ионов железа и алюминия в алюфере и железа в капрофере.

Данная методика позволяет достаточно убедительно зафиксировать процесс свертывания белков плазмы крови для гемостатических средств на основе неорганических солей и может быть использована в исследованиях *in vitro* в доклиническом этапе разработки новых лекарственных средств и медицинских изделий.

Поступила 22.09.2023

## Раздел 7

# МОНИТОРИНГ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ. СТАТЬИ

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТОВОЙ СРЕДЫ, ФОРМИРУЕМОЙ ИСКУССТВЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ СВЕТА, НА РАБОЧИХ МЕСТАХ В ПОМЕЩЕНИЯХ

<sup>1</sup>Баслык А. Ю., *physical.factors@rspch.by*,

<sup>1</sup>Коноплянко В. А., к. б. н., *trud@rspch.by*,

<sup>1</sup>Импиева-Людчик С. Л., к. м. н., *ssecretary@rspch.by*,

<sup>2</sup>Цвирко В. И., *testlab@ledcenter.by*

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Республиканское научно-производственное унитарное предприятие «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

Световая среда на рабочих местах в помещениях является производственным фактором, обеспечивающим восприятие зрительным анализатором наибольшего объема информации, необходимого для выполнения работниками профессиональных задач и обеспечения безопасности технологического процесса. При этом электромагнитное излучение видимого диапазона, генерируемое электрическими источниками света систем освещения помещений производственных и общественных зданий, с позиций безопасности и безвредности для здоровья работников следует рассматривать как потенциально неблагоприятный производственный фактор, способный негативно воздействовать непосредственно как на орган зрения человека, на процессы зрительного восприятия, так и на психофизиологические реакции и нейроэндокринную регуляцию функций организма в целом.

Спектральный состав видимого диапазона электромагнитного излучения — одна из основных качественных характеристик световой среды. Применяемые в настоящее время для освещения помещений электрические источники света существенно различаются по составу спектра генерируемого оптического излучения. Лампы накаливания излучают непрерывный (сплошной) спектр излучения с преобладающей длинноволновой составляющей, разрядные (люминесцентные) лампы характеризуются дискретностью оптического спектра с несколькими выраженными пиками излучения на разных отрезках видимого диапазона, тогда как наиболее доступные и широко представленные на рынке светодиодные источники света отличаются преобладанием коротковолновой составляющей спектра видимого излучения [1].

Определение фактических значений показателей электрического освещения помещений с применением методов измерений, отвечающих критериям точности, установленным соответствующими техническими нормативными правовыми актами, является одним из ключевых этапов гигиенической оценки искусственной световой среды.

Спектральное распределение энергии электромагнитного излучения в видимом диапазоне определяет цветность искусственного источника света, что в сочетании со спектральными характеристиками отражения освещаемых поверхностей помещения и предметов определяет цветность световой среды. Для инструментальных измерений и последующей оценки цветности используются разные показатели цветовых характеристик исследуемого света. Цветовой характеристикой световой среды, получившей наибольшее распространение как в профессиональных сообществах, так и среди обычных пользователей, является коррелированная цветовая температура (далее — КЦТ), которая в гигиенической практике определяется как температура излучателя Планка (абсолютно черного тела), при которой его излучение имеет такую же цветность, как и цветность оцениваемой световой среды помещения [2].



Республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр гигиены» совместно с Республиканским научно-производственным унитарным предприятием «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси» в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Обосновать и разработать гигиенические критерии к спектральному составу световой среды, формируемой искусственными источниками света на рабочих местах» (далее — НИР) подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» государственной научно-технической программы «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг» разработана методика измерений АМИ.МН 0014-2021 «Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Цветовые характеристики искусственной световой среды на рабочих местах в помещениях. Методика измерений» (далее — АМИ.МН 0014-2021) [3]. Данную методику следует применять при определении параметров спектрального состава световой среды на рабочих поверхностях в помещениях зданий и сооружений, создаваемых источниками искусственного освещения, по значению КЦТ, на соответствие гигиеническому нормативу [2]. АМИ.МН 0014-2021 предназначена для измерений в спектральном диапазоне оптической области электромагнитного излучения от  $(360 \pm 20)$  нм до  $(800 \pm 20)$  нм.

АМИ.МН 0014-2021 разработана в соответствии с требованиями, установленными постановлениями Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 23.04.2021 № 44 «Об утверждении Правил разработки и применения методик (методов) измерений» и от 01.06.2021 № 61 «Об утверждении Методических рекомендаций по оформлению методик (методов) измерений», а также постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 24.11.2020 № 673 «О единицах величин, допущенных к применению в Республике Беларусь».

При разработке АМИ.МН 0014-2021 данные о показателях точности измерений и расширенной неопределенности определены в рамках реализации внутрилабораторного эксперимента, организованного и подвергнутого анализу в соответствии с СТБ ИСО 5725-2-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений», СТБ ИСО 5725-3-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений», СТБ ИСО 5725-6-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике», СТБ ISO 21748-2019 «Руководство по использованию оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценивании неопределенности измерений» и ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения». Экспериментальные данные получены в условиях повторяемости и промежуточной прецизионности с изменяющимися факторами: персонал, выполняющий измерения, и время. Выбросов в совокупности экспериментальных данных не обнаружено. Статистические данные получены по результатам измерений в точках оценки цветовых характеристик искусственной световой среды помещения, создаваемой электрическими источниками света на 3 уровнях ( $j$ ) диапазона, установленного техническим заданием НИР (от 2000 К до 8000 К):

уровень 1 — принят для наименьших значений КЦТ (от 2600 до 2700 К), определяющих цветность белого света исследуемой световой среды как теплую;

уровень 2 — КЦТ от 3900 до 4100 К, определяющая цветность белого света исследуемой световой среды как нейтральную (среднюю);

уровень 3 — принят для наибольших значений цветовых характеристик (КЦТ от 6500 до 6600 К), определяющих цветность белого света исследуемой световой среды как холодную.

При проведении внутрилабораторных исследований в условиях промежуточной прецизионности с изменяющимися факторами «время» и «оператор» проведено  $p = 20$  серий измерений (по 10 серий измерений каждым оператором), каждая из которых включала в себя  $n = 5$  измерений в условиях повторяемости. Таким образом, общее количество измерений в условиях промежуточной прецизионности в точке оценки КЦТ составило 100.

Рассчитанные и принятые по результатам исследований значения рабочих характеристик АМИ.МН 0014-2021, включая показатели точности измерений, приведены в таблице 1.

Методика измерений включает в себя следующие разделы: вводная часть; нормативные ссылки; рабочие характеристики, включая показатели точности измерений методики измерений; средства измерений, вспомогательные устройства; метод измерений; требования безопасности, охраны окружающей среды; требования к квалификации персонала, выполняющего измерения; требования к условиям измерений; подготовка к выполнению измерений; порядок выполнения измерений; порядок обработки и форма представления результатов измерений; контроль точности результатов

Таблица 1 — Значения рабочих характеристик АМИ.МН 0014-2021

Показатель	Уровень, <i>j</i>	Рассчитанные значения КЦТ, К	Принятые значения КЦТ, К
Диапазон измерений	1	-	От 2000 до 8000
	2		
	3		
Стандартное отклонение повторяемости	1	4,7	5
	2	3,9	
	3	2,4	
Стандартное отклонение промежуточной прецизионности	1	18,7	27
	2	27,4	
	3	25,2	
Критический размах	1	18,2	18
	2	15,2	
	3	9,4	
Критическая разность	1	51,1	76
	2	76,2	
	3	70,4	
Суммарная стандартная неопределенность	1	23,0	31
	2	30,5	
	3	28,5	
Расширенная неопределенность <i>U</i> (при <i>p</i> = 95% и <i>K</i> = 2)	1	45,9	61
	2	60,9	
	3	57,0	

измерений; методика оценивания неопределенности измерений цветовых характеристик световой среды; библиография, а также справочное приложение «Допустимые отклонения значений КЦТ».

Принцип метода измерений основан на спектрорадиометрических измерениях видимого излучения с применением спектрометра. При выполнении измерений согласно АМИ.МН 0014-2021 необходимо выполнить ряд условий и процедур (работ) [1]. Для оценки КЦТ световой среды количество точек измерения на рабочей поверхности в пределах рабочего места определяется площадью зоны зрительной работы аналогично [4]. В зоне зрительной работы количество точек измерения должно быть не менее 5, при этом точки измерения следует располагать методом «конверта». За результат измерений КЦТ световой среды на оцениваемом рабочем месте согласно АМИ.МН 0014-2021 принимается округленное до целого среднее арифметическое значение в точках измерений зоны зрительной работы.

Полный результат измерения цветовых характеристик световой среды представляют в форме (1):

$$T_{cp} \pm U, (P = 0,95, k = 2), \quad (1)$$

где  $T_{cp}$  — результат измерения КЦТ световой среды;

$U$  — расширенная неопределенность измерений цветовой характеристики световой среды (таблица 1);

$P$  — вероятность охвата;

$k$  — коэффициент охвата.

Результат измерений КЦТ указывают в кельвинах (К).

При наличии необходимости представления заключения о соответствии измеренной КЦТ требованиям нормативных документов [2] АМИ.МН 0014-2021 сформулировано следующее правило принятия решения (2):

$$T_{cp\ LVmin} \leq T_{cp} \pm U \leq T_{cp\ LVmax}, \quad (2)$$

где  $T_{cp}$  — результат измерений КЦТ, К;

$U$  — расширенная неопределенность измерений КЦТ, К;

$T_{cp\ LVmin}$  — минимально допустимое значение КЦТ, К;

$T_{cp\ LVmax}$  — максимально допустимое значение КЦТ, К.

Разработанная АМИ.МН 0014-2021 может быть применена для гигиенической оценки соответствия КЦТ исследуемой световой среды на рабочих местах в помещениях производственных и общественных зданий гигиеническому нормативу [2].

Внедрение и использование АМИ.МН 0014-2021 как одного из необходимых элементов гигиенической оценки КЦТ организациями (учреждениями) — целевыми потребителями данной разработки позволит повысить эффективность контроля показателей спектрального состава искусственной световой среды и увеличить полноту гигиенической оценки качественных показателей электрического освещения помещений производственных и общественных зданий, что будет способствовать формированию на рабочих местах световой среды, создаваемой искусственными источниками света систем общего освещения, отвечающей показателям безопасности.

## Литература

1. Баслык, А. Ю. Методика определения спектрального состава световой среды, формируемой искусственными источниками света, на рабочих местах в помещениях / А. Ю. Баслык, В. А. Коноплянко, В. И. Цвирко // Сахаровские чтения 2023 года: экологические проблемы XXI : материалы 23-й междунар. науч. конф., Минск, 18–19 мая 2023 г. : в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Белорус. гос. ун-та ; редкол.: А. Н. Батян [и др.] ; под ред. О. И. Родькина, М. Г. Герменчук. — Минск : ИВЦ Минфина, 2023. — Ч. 1. — С. 314–317.

2. Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 г. № 37 [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 09 ноября 2022 г. № 829. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22200829>. — Дата доступа: 30.08.2023.

3. АМИ.МН 0014-2021. Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Цветовые характеристики искусственной световой среды на рабочих местах в помещениях. Методика измерений [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://oei.by/mvi/view?id=2115126>. — Дата доступа: 31.08.2023.

4. Методы гигиенической оценки показателей искусственной световой среды в помещениях зданий и сооружений : инструкция по применению, рег. № 007-1217 : утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 12.06.2018. — Минск, 2018. — 14 с.

Поступила 15.09.2023

## СОДЕРЖАНИЕ МЫШЬЯКА В ВОЛОСАХ ЖИТЕЛЕЙ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

<sup>1</sup>Вершкова Е. М., [vem@tpu.ru](mailto:vem@tpu.ru),

<sup>2</sup>Нимаева Б. В., [s407060@yandex.ru](mailto:s407060@yandex.ru),

<sup>2</sup>Михайлова Л. А., к. м. н., доцент, [mihailova-la@mail.ru](mailto:mihailova-la@mail.ru),

<sup>1</sup>Барановская Н. В., д. б. н., профессор, [nata@tpu.ru](mailto:nata@tpu.ru),

<sup>2</sup>Бондаревич Е. А., к. б. н., доцент, [bondarevich84@mail.ru](mailto:bondarevich84@mail.ru)

<sup>1</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Чита, Россия

Современные научные и практические данные о значении мышьяка в жизнедеятельности человека демонстрируют, что он относится к условно-эссенциальным элементам и в минимальных количествах включен в состав цитоплазмы клеток органов и тканей животных и человека. Установлено, что в микродозах мышьяк оказывает разнообразное влияние на метаболические пути превращения веществ в различных тканях, участвуя в многочисленных биохимических реакциях, в том числе в окислительных процессах, кроветворении, синтезе гемоглобина, обмене нуклеотидов, усвоении азота и фосфора. В то же время существуют неопровержимые доказательства токсического воздействия мышьяка в качестве протоплазматического, ферментного и капиллярного яда при

попадании в организм в больших дозах. Учитывая его способность реагировать с сульфгидрильными группировками биомолекул, мышьяк относят к «тиоловым ядам», которые способны вызывать нарушения нервной проводимости, тканевого дыхания, мышечного сокращения, проницаемости клеточных мембран и т.д. [2, 4].

В Забайкальском крае имеются многочисленные месторождения полезных ископаемых, в том числе и тяжелых металлов, что обуславливает избыток их содержания в почве и воде, а добыча и переработка сырья способствуют формированию техногенных геохимических аномалий. На территории региона мышьяк является наиболее распространенным элементом, который входит в состав золоторудных, золотополиметаллических и оловополиметаллических руд, так как поллютант является индикатором золота, сопутствующим золотоносным образованиям веществом. Установлено, что в отходы горнодобывающего производства попадают как основные рудные химические элементы (свинец, медь, олово, цинк), так и попутные токсичные вещества (мышьяк, кадмий, сурьма и др.), которые в процессе переработки перемещают в хвостохранилища, где и происходит их накопление. Согласно результатам научных исследований, в геохимических провинциях основным путем поступления мышьяка в организм человека является питьевая вода, а загрязнение источников питьевого водоснабжения мышьяком — актуальной гигиенической проблемой данных территорий [1].

Были проанализированы образцы волос детей, проживающих в населенных пунктах юго-восточной части Забайкальского края (Акатуй, Александровский Завод, Бурукан, Бутунтай, Георгиевка, Кличка, Михайловка, Нерчинский Завод, Тайна, Уровские Ключи, Хапчеранга, Шерловая Гора). Для проведения исследования получено разрешение локального Этического комитета ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Минздрава России. Этические принципы исследования соответствовали принципам Хельсинкской декларации 1975 г. и ее пересмотру 1983 г. Предварительно от родителей получено информированное согласие на проведение обследования. Исследовано методом инструментального нейтронно-активационного анализа 109 проб волос на содержание в них мышьяка. Анализ проводился на базе Национального исследовательского Томского политехнического университета. Пробы техноземов и почвы были отобраны на территории недействующих горно-обогатительных комбинатов, хвостохранилищ, отвалов и селитебной зоны населенных пунктов в соответствии с ГОСТ Р 58595-2019. Отбор проб питьевой воды проводился из систем централизованного и нецентрализованного питьевого водоснабжения в соответствии с ГОСТ Р 59024-2020. Для определения мышьяка применяли метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре Perkin Elmer NexION 300 D в аккредитованной лаборатории ЗАО «СЖС Восток Лимитед» (г. Чита). Полученные результаты оценивали в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Математико-статистическая обработка проведена в программном комплексе Microsoft Excel. При помощи критерия Шапиро—Уилка установлено, что распределение полученных данных статистически значимо отличается от нормального, поэтому для анализа данных были использованы медиана (далее — Me) и интерквартильный размах (далее —  $Q_{25}-Q_{75}$ ). Содержание мышьяка в волосах сравнивали с российским референтным значением по А.В. Скальному ( $Q_{25}-Q_{75}$ ), которое составляет 0–0,69 мг/кг [3]. Также для оценки уровня накопления мышьяка в волосах жителей исследуемых населенных пунктов был рассчитан коэффициент концентрации (далее — КК) как отношение медианного значения к медиане по выборке.

Установлено, что из 109 проанализированных проб только 7 выходят за рамки референтных значений. Превышение зафиксировано в 3 пробах из поселка Шерловая Гора, в 2 пробах из села Хапчеранга, в 1 пробе из населенных пунктов Кличка и Уровские Ключи. При этом в пробе из села Уровские Ключи содержание мышьяка было определено на уровне 9,2 мг/кг, что в 47 раз превышает медианное значение по выборке. Статистическая проверка по критерию, равному нормированному отклонению выпадения, позволила установить, что данное значение является артефактом и в дальнейшем анализе не было учтено.

Медианная концентрация мышьяка для 5 населенных пунктов превышает медианное значение по выборке (таблица 1).

Таблица 1 — Медианные значения содержания мышьяка в населенных пунктах

Населенный пункт	Me ( $Q_{25}-Q_{75}$ )	КК
Акатуй	0,05 (0,03–0,1)	0,27
Александровский Завод	0,05 (0,05–0,24)	0,26
Бурукан	0,05 (0,05–0,05)	0,26

Населенный пункт	Me ( $Q_{25}-Q_{75}$ )	КК
Бутунтай	0,09 (0,07–0,12)	0,46
Георгиевка	0,06 (0,06–0,07)	0,33
Кличка	0,20 (0,16–0,36)	1,04
Михайловка	0,18 (0,12–0,19)	0,94
Нерчинский Завод	0,24 (0,21–0,26)	1,25
Тайна	0,18 (0,15–0,23)	0,92
Уровские Ключи	0,20 (0,19–0,25)	1,08
Хапчеранга	0,21 (0,16–0,33)	1,1
Шерловая Гора	0,33 (0,18–0,6)	1,69
ПО ВЫБОРКЕ	0,19 (0,11–0,31)	

Коэффициент концентрации мышьяка в п. г. т. Шерловая Гора составляет 1,69, что свидетельствует об избыточном накоплении мышьяка в волосах жителей этого населенного пункта (рисунок 1).

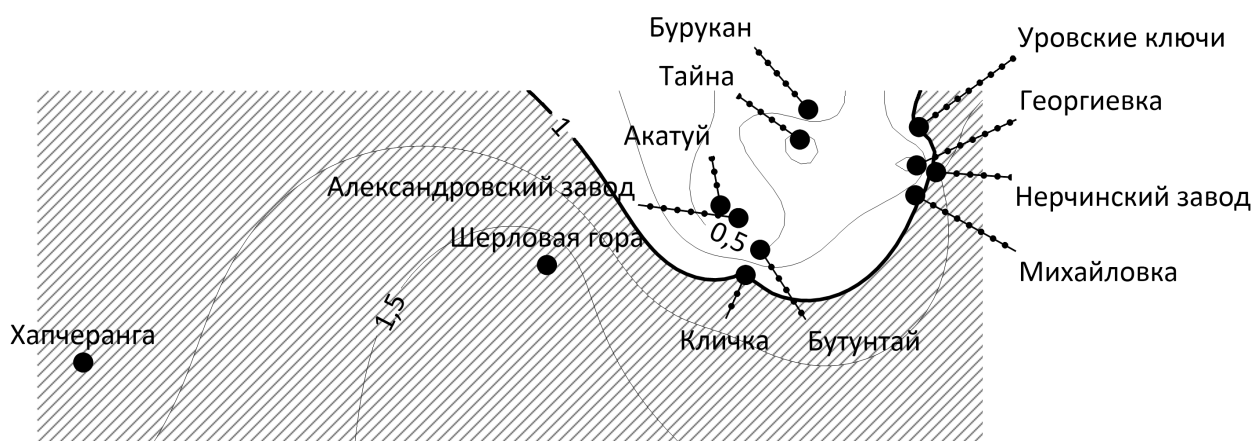


Рисунок 1 — Схема распределения коэффициента концентрации

Накопление мышьяка отмечается в населенных пунктах Нерчинский Завод (КК = 1,25), Хапчеранга (КК = 1,1), Уровские Ключи (КК = 1,08) и Кличка (КК = 1,04) (рисунок 1).

Проведенное исследование позволило определить 5 населенных пунктов в юго-восточной части Забайкальского края, для которых характерно избыточное накопление мышьяка в волосах детского населения. При исследовании содержания мышьяка в объектах окружающей среды (питьевая вода, почва) в Хапчеранге, Кличке, Шерловой Горе, Нерчинском Заводе выявлено интенсивное загрязнение элементом почвенного покрова, а также его высокая концентрация в питьевой воде в п. г. т. Кличка. Для данных населенных пунктов характерно наличие хвостохранилищ недействующих в настоящее время горно-обогатительных комбинатов по переработке и обогащению олово-полиметаллических руд. После закрытия предприятий в 90-е гг. прошлого столетия не были проведены необходимые природоохранные мероприятия по поддержанию хвостохранилищ в безопасном состоянии, большинство объектов обезвожены, что приводит к интенсивному загрязнению широким спектром химических элементов, в том числе и мышьяком, близлежащих территорий. Село Уровские Ключи (Нерчинско-Заводский район) находится в пределах местности, где впервые была выявлена и описана болезнь Кашина — Бека (уровская болезнь). По данным авторов [5] для почв района характерна барий-сурьма-мышьяк-цинк специализация, которая, возможно, связана с наличием двух крупных рудных узлов золото-полиметаллического (Широкинский) и медь-молибден-порфирирового (Быстринский) типов.

В селитебной зоне с. Хапчеранга (Кыринский район) находится хвостохранилище горно-обогатительного комбината по переработке олово-полиметаллических руд общей массой отходов 6,2 млн т, складированных на площади 56,7 га. Удельный вес проб, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию мышьяка, составил 90,0%. Установлен неоднородный харак-

тер загрязнения поллютантом исследуемой местности. В техноземе хвостохранилища и территории, расположенной в непосредственной близости от него, содержание токсиканта находилось на уровне 261,7 мг/кг, в селитебной зоне — 40,8 мг/кг. В п. г. т. Кличка (Приаргунский район) в результате деятельности предприятия по добыче и переработке полиметаллических руд сформировалось хвостохранилище площадью 50 га и общей массой отходов 4,4 млн т, расположенное на расстоянии 3 км к юго-западу от населенного пункта. Удельный вес проб, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию мышьяка, составил 100,0%. Максимальный уровень мышьяка определяется в техноземе (401,0 мг/кг), для отвалов, почвы территории недействующего комбината и поселка содержание токсиканта составило 167,0; 169,0 и 110,0 мг/кг соответственно. Водоснабжение населенного пункта осуществляется за счет подземных вод и представлено артезианскими скважинами, используемыми как местным населением для личных нужд, так и муниципальными службами для обеспечения питьевой водой объектов социальной инфраструктуры (детских образовательных, медицинских организаций и т. д.). Доля проб воды с превышением содержания мышьяка составила 100%, при этом концентрация элемента в воде системы нецентрализованного питьевого водоснабжения характеризовалась значениями в диапазоне от 0,024 до 0,058 мг/л, что превышало нормативные значения в 2,4–5,8 раз, в воде системы централизованного водоснабжения отмечалась на уровне 2 ПДК.

Вблизи п. г. т. Шерловая Гора (Борзинский район) сформировалось хвостохранилище отходов флотационного процесса обогащения олово-полиметаллических руд объемом 24,3 млн т, отвалов бедных руд и вскрышных пород — 10,2 млн т и 191,7 млн т соответственно, площадь хвостохранилища составляет 80,0 га, отвалов вскрышных пород и бедных руд — 210,0 и 53,0 га соответственно. Установлено, что концентрация мышьяка в почве населенного пункта находилась на уровне 61,1 мг/кг, территории хвостохранилища — 764,8 мг/кг, карьера — 267,8 мг/кг. В Нерчинско-Заводском районе на протяжении почти двухсот лет велась добыча свинцово-цинковых руд Приаргунского полиметаллического рудного пояса, в 1953–1994 гг. осуществлялась промышленная добыча и обогащение руд полиметаллических месторождений, отходы производства общей массой 2,02 млн т складированы в хвостохранилище площадью 37 га в непосредственной близости от с. Горный Зерентуй, в настоящее время функционируют золотодобывающие предприятия. Концентрация мышьяка в техноземе определялась на уровне 3460,0 мг/кг, территории бывшего горно-обогатительного комбината — 443,0 мг/кг, населенного пункта — 68,00 мг/кг.

Таким образом, изученные территории характеризуются высоким уровнем содержания мышьяка в почвенном покрове, что находит свое отражение в элементном составе волос. Выявленные особенности содержания токсиканта в биосубстрате детей и подростков, проживающих в исследуемых населенных пунктах, свидетельствуют о наличии мышьяковистой геохимической аномалии, сформировавшейся в результате техногенного прессинга, связанного с разработкой месторождений полезных ископаемых и складированием отходов производства, а также геологическими особенностями местности. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости изучения состояния здоровья детского населения, проживающего на данных территориях, а также разработки и внедрения природоохранных мероприятий, направленных на улучшение экологической ситуации в регионе.

## Литература

1. Абдулмуталимова, Т. О. Содержание мышьяка в волосах жителей Северного Дагестана в условиях гидрогеохимической аномалии / Т. О. Абдулмуталимова, О. М. Рамазанов // Микроэлементы в медицине. — 2018. — Т. 19, № 3. — С. 24–30.
2. Авцын, А. П. Микроэлементозы человека / А. П. Авцын. — М. : Медицина, 1991. — 496 с.
3. Скальный, А. В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО «Центр биологической медицины») / А. В. Скальный // Микроэлементы в медицине. — 2003. — Т. 4, № 1. — С. 55–56.
4. Устинова, О. Ю. Санитарно-гигиеническая характеристика риска и клиническая оценка причиненного вреда здоровью населения геохимической провинции при длительном поступлении мышьяка с питьевой водой / О. Ю. Устинова, П. З. Шур, А. Е. Носов // Анализ риска здоровью. — 2019. — № 4. — С. 148–157.
5. Комплексные геохимические исследования компонентов природной среды в эндемичных районах Забайкалья / Л. П. Рихванов [и др.] // Изв. Том. политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. — 2021. — Т. 332, № 2. — С. 7–25.

Поступила 15.09.2023

# МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В МОДЕЛЬНЫХ СРЕДАХ, ИМИТИРУЮЩИХ ПИЩЕВУЮ ПРОДУКЦИЮ И КОНТАКТИРУЮЩИХ С УПАКОВКОЙ И УПАКОВОЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ, В ТОМ ЧИСЛЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫМИ, МЕТОДОМ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ

*Дребенкова И. В., к. т. н., spectrometric@rspch.by,*

*Кузовкова А. А., к. б. н., zav\_lsi@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время находят широкое применение упаковочные материалы для пищевой продукции из таких полимеров, как полиэтилен, полипропилен, полистирол, в том числе биоразлагаемых, при производстве которых используют потенциально опасные добавки (стабилизаторы, пластификаторы, антипирены), которые могут наносить вред здоровью человека. Даже их небольшое количество может привести к поражению иммунной и репродуктивной систем, онкологическим заболеваниям, нарушению интеллектуальных функций и отставанию в развитии. В связи с этим обязательным этапом оценки безопасности упаковки и упаковочных материалов является определение содержания в ней токсичных металлов, а также оценка уровней их миграции в модельные среды, которые имитируют пищевые продукты и контактируют с указанными изделиями. В Перечне стандартов к техническому регламенту Таможенного союза 005/2011 «О безопасности упаковки» (далее — ТР ТС 005/2011), регламентирующему минимально допустимые количества миграции (далее — ДКМ) и действующему в настоящее время на территории стран Евразийского экономического союза, нет прямых методов оценки данных показателей [1].

Цель данной работы — разработка методики измерений массовых концентраций токсичных элементов (железа (далее — Fe), титана (далее — Ti), олова (далее — Sn), алюминия (далее — Al), бария (далее — Ba), цинка (далее — Zn), хрома (далее — Cr), меди (далее — Cu), молибдена (далее — Mo), никеля (далее — Ni), марганца (далее — Mn), кадмия (далее — Cd), свинца (далее — Pb), мышьяка (далее — As), селена (далее — Se)) в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию и контактирующих с упаковкой и упаковочным материалом, в том числе биоразлагаемыми, на основе атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (далее — АЭС-ИСП).

Объекты исследований — модельные пробы на основе модельных сред (3%-го раствора молочной кислоты; 1%-го раствора уксусной кислоты; 2%-го раствора лимонной кислоты), полученные после контакта с биоразлагаемой упаковкой на основе полиэтилена, в которые внесены растворы с точной массовой концентрацией токсичных элементов.

Измерения проводили с использованием атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой YU 2000-2 (далее — АЭС-ИСП YU 2000-2) (Horiba Jobin Yvon, Франция), оснащенного стеклянным концентрическим пневматическим (модель Conikal S322632, 1 ml/min) и ультразвуковым (модель U-5000AT<sup>+</sup>) распылителями пробы и автосамплером (модель AS 500). Технические характеристики указанного прибора следующие: спектральный диапазон — от 120 до 800 нм, номинальное фокусное расстояние — 0,64 м, спектральное разрешение — не более 18 пм (в диапазоне от 120 до 320 нм), не более 10 пм (в диапазоне от 230 до 800 нм), ОСКО при массовой концентрации элементов не менее 100 LOD (предел обнаружения) — не более 2%; программное обеспечение — ICP YU версия 5.4.

Принцип метода измерения массовой концентрации токсичных элементов в модельных средах, контактирующих с упаковкой (вытяжки из образцов), основан на измерении величины эмиссии атомов токсичных элементов (интенсивности излучения атомов элементов, возникающего при распылении анализируемой пробы в аргонную плазму, индуктивно возбуждаемую радиочастотным электромагнитным полем). Эмиссия атомов токсичных элементов прямо пропорциональна массовой концентрации этих элементов в измеряемом растворе. Массовую концентрацию токсичных элементов в модельных средах, контактирующих с упаковкой (вытяжках из образцов упаковки), рассчитывают на основании результатов измерений их эмиссии по линейной градуировочной зависимости.

Для обнаружения исследуемых токсичных элементов в модельных пробах были использованы следующие параметры режима измерений АЭС-ИСП YU 2000-2: мощность генератора плазмы —

1000 Вт; скорость потока газа плазмы (аргон) — 13 дм<sup>3</sup>/мин; скорость потока газа в оболочке (аргон) — 0,25 дм<sup>3</sup>/мин; скорость распыления: для ультразвукового распылителя при измерении массовых концентраций Se, As, Cd, Pb — 1,94 дм<sup>3</sup>/мин; для пневматического распылителя при измерении массовых концентраций остальных токсичных элементов — 0,72–0,74 дм<sup>3</sup>/мин; скорость подачи пробы — 1,3 см<sup>3</sup>/мин; длительность промывки системы ввода проб: при использовании ультразвукового распылителя — в течение 40 с; при использовании пневматического распылителя — в течение 15 с. Длины волн излучения элементов: Fe — 259,940 нм, Ti — 334,941 нм, Sn — 189,930 нм, Al — 396,152 нм, Ba — 233,527 нм, Zn — 213,856 нм, Cr — 267,716 нм, Cu — 324,754 нм, Mo — 202,030 нм, Ni — 221,647 нм, Mn — 257,610 нм, Cd — 214,438 нм, Pb — 220,353 нм, As — 189,042 нм, Se — 196,026 нм.

При разработке методики в ходе внутрилабораторного эксперимента было проведено исследование аналитической чувствительности, предела количественного определения (далее — LOQ), линейности, избирательности (специфичности), устойчивости (робастности).

Значения аналитической чувствительности количественно оценивали наклоном градуировочного графика согласно [2].

Оценивание LOQ проведено по результатам измерения холостых проб, не содержащих токсичных элементов. LOQ (n = 10) рассчитывали для каждого вида модельной среды (3%-й раствор молочной кислоты, 1%-й раствор уксусной кислоты и 2%-й раствор лимонной кислоты) с применением пневматического или ультразвукового распылителя. Оценки LOQ были получены согласно [3]. Экспериментально полученные значения LOQ для каждого токсичного элемента в каждой модельной среде не превышали нижней границы диапазона измерений.

Линейность методики измерений исследована и была подтверждена в диапазоне массовых концентраций градуировочных растворов, приготавливаемых согласно методике измерений.

При использовании рекомендуемых длин волн излучения методика измерений избирательна в отношении Pb, Zn, Cr, Cd, Ti, Al, Ba, Cu, Fe, Sn, Ni, Mo, Mn. Определению вышеуказанных токсичных элементов не мешает присутствие в модельных средах, контактирующих с упаковкой (вытяжках из образцов упаковки), других элементов.

При использовании рекомендуемых длин волн излучения и ультразвукового распылителя для ввода проб методика измерений неизбирательна в отношении As и Se. Определению As и Se мешает присутствие других элементов (As–Co и Fe при массовых концентрациях свыше 0,05 мг/дм<sup>3</sup>, Se–Fe при массовых концентрациях свыше 0,5 мг/дм<sup>3</sup>) в модельных средах, контактирующих с упаковкой (вытяжках из образцов упаковки), что необходимо учитывать при измерениях.

Устойчивость (робастность) методики измерений была исследована в отношении устойчивости (робастности) условий создания плазмы в АЭС-ИСП Ю 2000-2 в отношении следующих влияющих параметров: мощность радиочастотного поля (RF-мощность, RF power) и скорость потока газа в оболочке (sheath gas flow). Устойчивость методики измерений была подтверждена в отношении установленных в методике измерений вышеперечисленных влияющих параметров.

На основе полученных результатов исследований разработана методика измерений массовых концентраций токсичных элементов (Fe, Ti, Sn, Al, Ba, Zn, Cr, Cu, Mo, Ni, Mn, Cd, Pb, As, Se) в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию и контактирующих с упаковкой и упаковочным материалом, в том числе биоразлагаемым. Диапазоны измерений массовых концентраций токсичных элементов в модельных средах включают установленные в ТР ТС 005/2011 [1], СанПИН [4] и Гигиеническом нормативе [5] значения ДКМ из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами: Ti — 0,1 мг/дм<sup>3</sup>; Fe — 0,3 мг/дм<sup>3</sup>; Al — 0,5 мг/дм<sup>3</sup>; Ba — 0,1 мг/дм<sup>3</sup>; Zn — 1,0 мг/дм<sup>3</sup>; Cr — 0,1 мг/дм<sup>3</sup>; Cu — 1,0 мг/дм<sup>3</sup>; Mo — 0,25 мг/дм<sup>3</sup>; Ni — 0,1 мг/дм<sup>3</sup>; Mn — 0,1 мг/дм<sup>3</sup>; Cd — 0,001 мг/дм<sup>3</sup>; Pb — 0,03 мг/дм<sup>3</sup>; As — 0,05 мг/дм<sup>3</sup>. Для Sn предельно допустимая концентрация (далее — ПДК) составляет 2,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Диапазоны массовых концентраций, а также пределы повторяемости, пределы промежуточной прецизионности и относительные расширенные неопределенности для каждого из элементов приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Показатели точности и неопределенность измерений методики измерений

Токсичный элемент	Диапазон измерений массовой концентрации, мг/дм <sup>3</sup>	Относительный предел повторяемости <i>r</i> , %	Относительный предел промежуточной прецизионности <i>rI(ТО)</i> , %	Относительная расширенная неопределенность <i>U</i> (P = 95 %, k = 2), %
2%-й раствор лимонной кислоты				
Al	От 0,25 до 1,00 вкл.	13	13	25
As	От 0,05 до 0,25 вкл.	24	24	24



Токсичный элемент	Диапазон измерений массовой концентрации, мг/дм <sup>3</sup>	Относительный предел повторяемости $r$ , %	Относительный предел промежуточной прецизионности $rl(TO)$ , %	Относительная расширенная неопределенность $U$ ( $P = 95\%$ , $k = 2$ ), %
Ba	От 0,05 до 0,50 вкл.	17	17	14
Cd	От 0,001 до 0,010 вкл.	19	20	28
Cr	От 0,05 до 0,40 вкл.	7,4	7,4	13
Cu	От 0,5 до 5,0 вкл.	6,7	6,7	19
Fe	От 0,1 до 1,0 вкл.	15	15	30
Mn	От 0,05 до 0,50 вкл.	21	21	22
Mo	От 0,1 до 1,0 вкл.	11	11	20
Ni	От 0,05 до 0,50 вкл.	17	17	19
Pb	От 0,025 до 0,200 вкл.	20	20	27
Se	От 0,5 до 1,0 вкл.	5,4	5,4	13
Sn	От 1,0 до 5,0 вкл.	6,8	6,8	17
Ti	От 0,05 до 0,50 вкл.	8,5	8,5	26
Zn	От 0,5 до 5,0 вкл.	4,3	5,5	18
3%-й раствор молочной кислоты				
Al	От 0,25 до 1,00 вкл.	5,5	5,5	12
As	От 0,05 до 0,25 вкл.	22	22	22
Ba	От 0,05 до 0,50 вкл.	7,7	7,7	12
Cd	От 0,001 до 0,010 вкл.	24	24	24
Cr	От 0,05 до 0,40 вкл.	8,9	8,9	20
Cu	От 0,5 до 5,0 вкл.	7,2	7,2	17
Fe	От 0,1 до 1,0 вкл.	11	11	22
Mn	От 0,05 до 0,50 вкл.	11	11	19
Mo	От 0,1 до 1,0 вкл.	6,8	6,8	22
Ni	От 0,05 до 0,50 вкл.	16	16	20
Pb	От 0,025 до 0,200 вкл.	23	23	28
Se	От 0,5 до 1,0 вкл.	8,7	9,3	9,8
Sn	От 1,0 до 5,0 вкл.	12	12	16
Ti	От 0,05 до 0,50 вкл.	16	16	18
Zn	От 0,5 до 5,0 вкл.	7,0	8,0	19
1%-й раствор уксусной кислоты				
Al	От 0,25 до 1,00 вкл.	12	12	19
As	От 0,05 до 0,25 вкл.	14	15	25
Ba	От 0,05 до 0,50 вкл.	7,5	7,5	17
Cd	От 0,001 до 0,010 вкл.	15	15	27
Cr	От 0,05 до 0,40 вкл.	6,9	6,9	17
Cu	От 0,5 до 5,0 вкл.	7,9	7,9	17
Fe	От 0,1 до 1,0 вкл.	11	11	19
Mn	От 0,05 до 0,50 вкл.	8,5	8,5	16
Mo	От 0,1 до 1,0 вкл.	16	16	16
Ni	От 0,05 до 0,50 вкл.	7,0	7,0	16
Pb	От 0,025 до 0,200 вкл.	20	20	27
Se	От 0,5 до 1,0 вкл.	9,2	9,2	8,4
Sn	От 1,0 до 5,0 вкл.	26	26	22
Ti	От 0,05 до 0,50 вкл.	5,7	5,7	16
Zn	От 0,5 до 5,0 вкл.	12	12	18

Установлено, что для всех исследуемых элементов в модельных пробах на основе 2%-го раствора лимонной кислоты относительный предел повторяемости составляет от 4,3% до 24,0%, относительный предел промежуточной прецизионности — от 5,4% до 24,0%, относительная расширенная неопределенность — от 13,0% до 30,0%; на основе 3%-го раствора молочной кислоты относительный предел повторяемости составляет от 5,5% до 23,0%, относительный предел промежуточной прецизионности — от 5,5% до 24,0%, относительная расширенная неопределенность — от 9,8% до 24,0%; на основе 1%-го раствора уксусной кислоты относительный предел повторяемости составляет от 5,7% до 26,0%, относительный предел промежуточной прецизионности — от 5,7% до 26,0%, относительная расширенная неопределенность — от 8,4% до 27,0%.

Таким образом, в результате анализа проведенных исследований разработана метрологически аттестованная методика измерений АМИ. МН 0108-2023 «Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Массовая концентрация токсичных элементов в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию и контактирующих с упаковкой и упаковочным материалом, в том числе биоразлагаемыми. Методика измерений методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой». Применение разработанной методики позволит повысить качество и эффективность контроля за безопасностью товаров потребления при проведении государственного санитарного надзора.

Разработка методики измерений, позволяющей определять уровни миграции токсичных химических элементов из упаковки и упаковочного материала, в том числе биоразлагаемых, в модельные среды, имитирующие пищевую продукцию, выполнена в рамках задания 04.06 «Разработать и научно обосновать метод гигиенической оценки упаковки и материалов, контактирующих с пищевой продукцией, включая биоразлагаемые» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг».

## Литература

1. О безопасности упаковки: ТР ТС 005/2011 : принят 16.08.2011 : вступ. в силу 01.07.2012 / Евраз. экон. комис. — Переизд. январь 2017. — Минск : Госстандарт, 2017. — 32 с.
2. ГОСТ Р 53022.2-2008. Технологии лабораторные клинические. Требования к качеству клинических лабораторных исследований. Часть 2. Оценка аналитической надежности методов исследования (точность, чувствительность, специфичность). — М. : Стандартинформ, 2009. — 30 с.
3. Appendix F : Guidelines for Standard Method Performance Requirements // Official Methods of Analysis of AOAC International / ed.: G. W. Latimer. — Rockville (Maryland, USA), 2016. — 18 p.
4. Требования к миграции веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами [Электронный ресурс] : санитар. нормы и правила : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 30.12.2014 № 119. — Режим доступа: [https://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/normativno-pravovaya-baza/baza-npa.php?ELEMENT\\_ID=333670](https://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/normativno-pravovaya-baza/baza-npa.php?ELEMENT_ID=333670). — Дата доступа: 26.07.2023.
5. Показатели безопасности и безвредности материалов, контактирующих с пищевой продукцией [Электронный ресурс] : гигиен. норматив : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 25.01.2021 № 37 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. — Минск, 2023.

Поступила 03.10.2023

# МЕТОДИКА ИММУНОФЕРМЕНТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИСТИНА В ПРОДОВОЛЬСТВЕННОМ СЫРЬЕ И ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Дубовская Л. В., [dubovskaya@iboch.by](mailto:dubovskaya@iboch.by),  
Широчина И. В., [shyrochyna@iboch.by](mailto:shyrochyna@iboch.by),  
Свиридов О. В., д. х. н., профессор, [sviridov@iboch.by](mailto:sviridov@iboch.by)

Государственное научное учреждение «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

В соответствии с национальной доктриной продовольственной безопасности население должно иметь доступную, здоровую, питательную и безопасную пищу. Одной из задач гигиенической экспертизы является характеристика пищевых продуктов и продовольственного сырья с точки зрения его безопасности для здоровья человека. Санитарно-токсикологические показатели пищевых продуктов по содержанию чужеродных химических веществ — контаминант (в том числе и антибиотиков) не должны превышать значения, определенные в регламентирующих документах. Так, в соответствии с решением Совета Евразийской экономической комиссии от 13.02. 2018 № 28 и от 23.06.2023 № 70 предельно допустимые уровни содержания антибиотика колистина не должны быть выше 0,15 мг/кг для мяса всех продуктивных животных, птицы, аквакультур животного происхождения, печени, жира, 0,2 мг/кг — для почек, 0,05 мг/кг — для молока и 0,3 мг/кг — для яйца, и такие же пределы содержания колистина установлены для соответствующих продуктов питания из перечисленного продовольственного сырья [1, 2]. В странах Евросоюза приняты такие же нормы.

Колистин (полимиксин Е) по своей структуре входит в группу полипептидных линейно-циклических антибиотиков группы полимиксинов, скретируемых *Bacillus polymixa* [3]. Данный антибиотик состоит из десяти аминокислот, семь из которых образуют цикл, а к цепочке из оставшихся трех аминокислот через свободную  $\alpha$ -аминогруппу диаминомасляной кислоты присоединяется 6-метилоктановая (колистин А) или 6-метилгептановая (колистин В) кислота (рисунок 1).

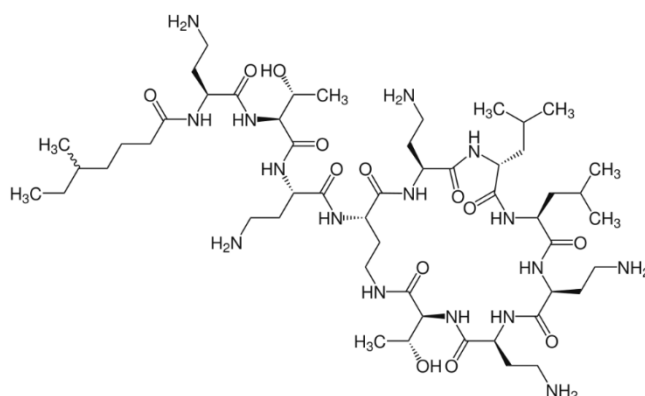


Рисунок 1 — Структурная формула колистина А

Данное соединение благодаря пяти свободным аминогруппам диаминомасляной кислоты и двум гидроксильным остаткам треонина проявляет свойства катионного детергента. Бактерицидное действие колистина проявляется в его взаимодействии с фосфолипидами, входящими в состав клеточных мембран грамотрицательных бактерий, что приводит к нарушению их проницаемости, выходу в окружающую среду водорастворимых компонентов цитоплазмы и к гибели микроорганизма. Данный антибиотик проявляет активность по отношению к большинству штаммов синегнойной и кишечной палочки, клебсиеллы, иерсинии и т. д., его адсорбция в желудочно-кишечном тракте невысока, поэтому его достаточно широко используют в ветеринарии при профилактике и лечении ряда энтеритов у сельскохозяйственных животных. Несоблюдение норм использования лекарственных средств в животноводстве может приводить к завышению остаточных количеств антибиотиков в продовольственном сырье и пищевых продуктах, что является причиной развития аллергии, дисбактериозов, снижения иммунитета и других нарушений у людей, потребляющих контаминированные продукты.

В медицине колистин является антибиотиком резерва и используется в терапии инфекций, вызванных синегнойной палочкой и мультирезистентными штаммами грамотрицательных бактерий, таких как *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* и *Klebsiella pneumoniae*. Внутрибольничные штаммы данных микроорганизмов проявляют устойчивость к антибактериальным препаратам различных классов, но при этом сохраняют чувствительность к колистину. В этой связи необходимо контролировать остаточные количества данного антибиотика в животноводческих продуктах, используемых в питании человека, для предупреждения появления резистентных микроорганизмов. Поэтому существует острая необходимость в разработке экономически доступной, чувствительной и точной методики и эффективных реагентов для проведения скринингового контроля на содержание колистина в пищевой продукции животного происхождения. Иммуноферментные наборы удовлетворяют таким характеристикам.

Целью данного исследования являются разработка и валидация отвечающего требованиям экологичности иммуноферментного набора реагентов для количественного определения колистина в широком перечне пищевых продуктов и продовольственного сырья животного происхождения.

Исследования проведены в рамках НИОК(Т)Р «Разработать конструкцию и технологию производства иммуноферментного набора реагентов для определения антибиотика колистина в пищевой продукции животного происхождения», подпрограммы 5 «Химические продукты и молекулярные технологии» Государственной программы «Научные технологии и техника» на 2021–2025 годы, № госрегистрации 20213111.

Разработанный набор рассчитан на проведение анализа в дубликатах 42 неизвестных проб и 6 градуировочных растворов при одновременном использовании всех стрипов микропланшета. При необходимости набор может быть разделен на 2–4 независимые части с различным количеством определяемых проб. Для каждой постановки необходимо построение нового градуировочного графика.

Состав набора реагентов «ПРОДОСКРИН® ИФА-Колистин»:

- иммуносорбент в формате 96-луночного разборного микропланшета (12 стрипов по 8 лунок, установленных в ячеистой рамке, что позволяет использовать стрипы по частям);
- градуировочные растворы (шесть микропробирок по 1 мл с концентрацией колистина 0,0; 0,1; 0,25; 1,0; 3,0 и 6,0 мкг/л), готовые к использованию;
- конъюгат, 50-кратный концентрат (1 микропробирка; 0,2 мл);
- раствор для разведения конъюгата (1 флакон; 7,0 мл);
- раствор А (2-кратный концентрат) после разведения используется для экстракции колистина из сыра, творога, сметаны, сливочного масла и иных плотных молочных продуктов, меда, яиц, жира и пищевой продукции из них (1 флакон; 85,0 мл);
- раствор А<sub>1</sub> (1 флакон; 18,0 мл), используется в смеси с рабочим раствором А в соотношении 1 к 10 для экстракции колистина из мяса всех продуктивных животных, птицы, аквакультур животного происхождения и пищевой продукции из них;
- раствор В (1 флакон; 11,0 мл), применяется для экстракции колистина из молока и жидких, после восстановления лиофилизированных молочных и кисломолочных продуктов;
- раствор В (1 флакон; 42,0 мл), применяется для разведения экстрактов;
- 10-кратный концентрат моющего буферного раствора (1 флакон; 50,0 мл);
- хромоген-субстратный раствор (1 флакон; 14,0 мл);
- стоп-реагент (1 флакон; 14,0 мл).

В составе набора может поставляться спайк-препарат колистина в виде раствора или лиофилизованного препарата.

В соответствии с разработанной инструкцией колистин экстрагируют из 4 г жидких молочных и кисломолочных продуктов или из 1 г всех остальных матриц, перечисленных в инструкции, добавляя в первом случае 0,25 мл раствора В, а для остальных продуктов — 4 мл рабочего раствора А или смеси растворов А и А<sub>1</sub>, перемешивая на ротаторе в течение 10 мин. Нерастворившиеся компоненты осаждают центрифугированием (10 мин, 4000 g). Затем 0,05 мл водного супернатанта разводят в 20 раз раствором В и используют в анализе.

В наборе применяется конструкция прямого конкурентного анализа. Колистин в составе градуировочных или исследуемых проб и конъюгат данного антибиотика с пероксидазой из корней хрена вносятся в лунки микропланшета, на стенках которых биоспецифически, через антивидовые антитела барана, иммобилизованы кроличьи поликлональные антитела к определяемому антибиотику. В растворе происходит конкурентное взаимодействие свободного и присоединенного к ферменту колистина со специфическими антителами на твердой фазе. Иммунохимическая реакция длится в течение 50 мин при комнатной температуре (20–25 °С). Несвязавшиеся компоненты удаляются трехкратным промыванием микропланшета. Ферментативная реакция инициируется

внесением хромоген-субстратного раствора, протекает в течение 15 мин при той же температуре и останавливается внесением стоп-реагента. Интенсивность окрашивания растворов в лунках, которую измеряют при длине волны 495 нм на микропланшетном спектрофотометре, обратно пропорциональна содержанию определяемого аналита в нем. Концентрации колистина в исследуемых пробах рассчитываются автоматически по градуировочному графику после внесения полученных значений оптической плотности и степени разведения проб в указанные ячейки шаблона программы, совместимой с Microsoft Excel, которая прилагается к набору.

Разработанный набор предназначен для определения колистина в расширенном перечне продуктов животного происхождения, которые в значительной степени различаются по содержанию белков, липидов и углеводов. Оптимально подобранный состав растворов для экстракции определяемого антибиотика из исследуемых продуктов и использование гексана, в котором катионизированный колистин нерастворим, позволило максимально нивелировать эффекты матрикса и достичь низких пределов обнаружения (далее — LOQ) и полноты извлечения, близкой к 100 %. Высокая точность результатов, определяемая как разброс данных относительно среднего значения, полученных в одном эксперименте для одного и того же образца, характеризуется коэффициентом вариации (далее — К.В.), не превышающим 15 %, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к иммуноферментному анализу [4]. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Метрологические характеристики методики выполнения измерений с использованием набора реагентов «ПРОДОСКРИН® ИФА-Колистин»

Название продуктов	LOQ, мкг/кг	К.В., %	Полнота извлечения Кл по трем уровням контаминации, %		
			25 мкг/кг	100 мкг/кг	500 мкг/кг
Сметана, жирность 18 %	8,7	9,4	103,2 ± 8,0	106,6 ± 6,96	99,8 ± 10,3
Сыр сычужный «Гройцер»	9,1	11,5	107,6 ± 7,1	107,6 ± 6,33	99,2 ± 5,9
Мед пчелиный	9,3	8,6	100,3 ± 11,2	103,7 ± 7,72	93,3 ± 5,8
Яйцо куриное	9,9	8,1	97,2 ± 8,3	109,5 ± 10,86	98,2 ± 3,1
Масло сливочное, 82,5 %	9,3	10,4	92,6 ± 12,4	97,2 ± 4,9	102,9 ± 11,8
Свинина (мышечная ткань)	9,8	12,0	103,0 ± 11,64	99,8 ± 16,01	92,3 ± 3,39
Говядина (мышечная ткань)	8,7	12,9	102,3 ± 15,24	106,5 ± 14,39	93,2 ± 5,66
Рыба (каarp)	9,1	8,9	101,2 ± 4,77	102,4 ± 6,73	104,1 ± 7,2
Конина (мышечная ткань)	9,0	9,2	99,7 ± 8,20	102,9 ± 14,41	96,6 ± 3,15
Утенок (мышечная ткань)	8,7	10,0	103,7 ± 8,52	95,8 ± 12,57	94,8 ± 6,36
Колбаса куриная	9,6	8,6	96,8 ± 7,80	98,7 ± 9,15	100,5 ± 6,44
Паштет печеночный	9,9	6,9	100,5 ± 11,12	98,7 ± 3,34	100,4 ± 2,65
Тушенка говяжья	8,8	9,0	94,7 ± 7,48	108,6 ± 14,46	96,7 ± 6,11
Молоко коровье пастеризованное	2,04	7,3	98,7 ± 4,71	100,4 ± 5,83	102,3 ± 8,94
Молоко козье сухое	2,08	7,8	103,8 ± 9,23	105,7 ± 8,62	98,4 ± 9,13
Курица	9,0	8,5	103,9 ± 5,92	95,6 ± 7,42	98,9 ± 10,76
Ряженка, жирность 4,0 %	9,9	6,8	99,4 ± 10,31	101,8 ± 4,78	104,5 ± 10,01

Устойчивость (робастность) методики определяли, используя метод Плакетта — Бермана [5], выбрав в качестве факторов высокого риска температуру проведения эксперимента и длительность различных этапов анализа (экстракция колистина из образцов, время проведения иммунохимической и ферментативной реакций). В инструкции рекомендуемая температура ограничена диапазоном от 20 до 25 °С, поэтому в эксперименте исследовали влияние на один градус более высокой и низкой температур на степень извлечения колистина, а исследуемые нижняя и верхняя границы длительности инкубаций отличались на 20 % от указанных в инструкции. Результаты определения содержания колистина в мышечной ткани свиньи обработаны с использованием алгоритма Донга [5] и представлены на рисунке 2, где ME является пределом погрешности ( $\alpha = 0,05$ ;  $P = 95\%$ ), значение которого выше значений эффекта исследуемых факторов. Поэтому их можно рассматривать как факторы, не имеющие значимого влияния на результат, и методику считать робастной в выбранных условиях.

В странах ЕАЭС для определения колистина в продукции животного происхождения наиболее часто используются коммерческие наборы реагентов ELISA-Colistin PerkinElmer (США) и EuroProxima

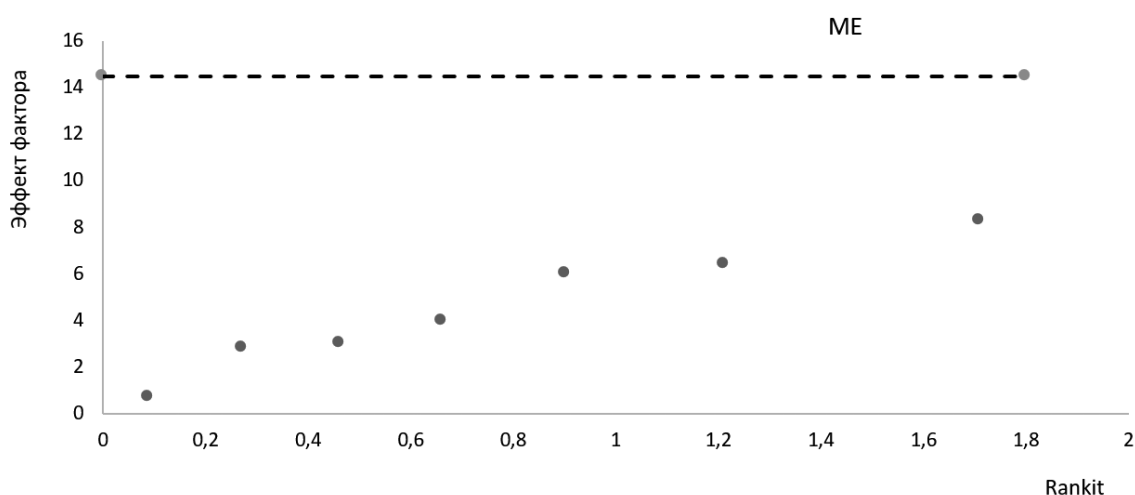


Рисунок 2 – Идентификация критических значений эффектов факторов

(Нидерланды). В наборе EuroProxima потребителю предлагается самому приготовить калибровочные пробы из лиофилизованного стандарта с максимальной концентрацией колистина. В обоих наборах необходимо предварительно изготовить 1 М растворы кислоты и щелочи, используемые для экстракции и последующей нейтрализации экстракта перед его разведением. В отечественном наборе «ПРОДОСКРИН® ИФА-Колистин», который описывается в данной статье, оптимально подобранные составы раствора В и уже готовых к употреблению растворов для экстракции позволяют исключить как процедуры приготовления указанных выше растворов, так и стадии отбора экстрактов и их нейтрализации. Это упрощает работу потребителя и позволяет получать более точные результаты за счет снижения вероятности случайных ошибок. При этом сокращается время проведения анализа, экономятся реагенты и расходные материалы. Сравнение перечней исследуемых матриц и концентрационные диапазоны определения в них колистина в соответствии с различными методиками представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Диапазоны определения колистина в матрицах различными методиками

Матрицы	Диапазон измерений колистина, мкг/кг			
	иммуноферментный анализ			ВЭЖХ-МС/МС
	МВИ.МН 5928-2017 Perkin Elmer, США	МВИ.МН 4652-2013 EuroProxima, Нидерланды	ПРОДОСКРИН® ИФА-Колистин, ИБОХ, Беларусь	ГОСТ 34678-2020
Мясо продуктивных животных, птица и пищевая продукция из них	4,4–220,0	15,0–800,0	10,0–600,0	8,75–875,0
Яйцо и яйцопродукты	50,0–2500,0	24,0–800,0	10,0–600,0	8,75–875,0
Мед пчелиный	–	–	10,0–600,0	–
Аквакультуры животного происхождения и пищевые продукты из них	–	15,0–800,0	10,0–600,0	--
Субпродукты, полуфабрикаты и готовые к употреблению мясные продукты	–	21,0–800,0	10,0–600,0	8,75–875,0
Молоко	5,0–500,0	4,0–100,0	2,5–125,0	8,75–875,0
Сыры, творог, сметана	–	–	10,0–600,0	8,75–875,0
Жидкие кисломолочные продукты (кефир, ряженка, питьевые йогурты и т.п.)	–	–	2,5–125,0	8,75–875,0
Животные жиры	–	–	10,0–600,0	–
Комбикорма для животных	–	24,0–800,0	20,0–1200,0	–

Разработанный набор реагентов позволяет проводить скрининговые исследования содержания колистина одновременно до 42 образцов (в зависимости от количества используемых стрипов в одном эксперименте) в течение 1,5–2,0 ч с учетом пробоподготовки. Методика характеризуется высокими аналитическими показателями (К.В. < 15 %, извлечение колистина  $100 \pm 15$  %) определения в расширенном перечне продуктов питания и продовольственного сырья животного происхождения.

Таким образом, набор реагентов «ПРОДОСКРИН® ИФА-Колистин» имеет технико-аналитический уровень лучших мировых образцов, а по широте области применения, показателям экологичности, эксплуатационным качествам и потребительским свойствам превосходит зарубежные аналоги.

## Литература

1. О максимально допустимых уровнях остатков ветеринарных лекарственных средств (фармакологически активных веществ), которые могут содержаться в переработанной пищевой продукции животного происхождения, в том числе в сырье, и методиках их определения [Электронный ресурс] : Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 13 февраля 2018 г. № 28. — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/556522984>. — Дата доступа: 25.09.2023.

2. О внесении изменений в некоторые решения Комиссии Таможенного союза и Совета Евразийской экономической комиссии [Электронный ресурс] : Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 23.06.2023 № 70 : вступ. в силу 10.07.2024. — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1302081507>. — Дата доступа: 25.09.2023.

3. A new antibiotic 'colistin' produced by spore-forming soil bacteria / Y. Koyama [et al.] // J. Antibiot. (Tokyo). — 1950. — Vol. 3. — P. 457–458.

4. Vashist, S. K. Bioanalytical requirements and regulatory guidelines for immuno-assays / S. K. Vashist, J. H. T. Luong // Handbook of immunoassay technologies. Approaches, Performances, and Applications / eds.: S. K. Vashist, J. H. T. Luong. — Academic Press, Elsevier, 2018. — Ch. 4. — P. 81–95.

5. Guidance for robustness/ruggedness tests in method validation / Y. Vander Heyden [et al.] // J. Pharm. Biomed. Analysis. — 2001. — Vol. 24. — P. 723–753.

Поступила 28.09.2023

## ИМПОРТИРУЕМАЯ ПРОДУКЦИЯ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ЦИПРОДИНИЛА В ТРОПИЧЕСКИХ ФРУКТАХ

Егорченкова О. Е., [e-ol@mail.ru](mailto:e-ol@mail.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

В настоящее время в Российской Федерации все большую популярность для потребителя набирают тропические фрукты, такие как авокадо, манго, папайя и другие. В период с 2020 по 2021 г. импорт этих фруктов в нашей стране вырос на 12,6 %.

Тропические сельскохозяйственные зоны (Индия, Таиланд, Малайзия, Китай и др.) характеризуются высокой температурой и повышенной влажностью. Плоды на всех стадиях роста подвергаются целому ряду заболеваний, которые снижают урожайность и приводят к огромным потерям. Коммерческое выращивание фруктов в этих зонах предопределяет применение химических средств защиты растений, в частности, фунгицидов для борьбы с различными грибковыми болезнями (антракнозом, мучнистой росой и др.) в течение всего вегетационного периода, а также при хранении и транспортировке. В связи с этим существует вероятность присутствия в их плодах остаточных количеств пестицидов (далее — ОКП), которые не зарегистрированы на территории Российской Федерации, но активно применяются в странах-экспортерах и требуют создания методов их контроля.

Ципродинил [4-циклопропил-6-метил-N-фенилпиримидин-2-амин] — фунгицид контактно-системного действия, хорошо проникающий в растение через листья, обладающий акропетальной и трансламинарной подвижностью в растениях и предназначенный для защиты плодовых культур. Данное соединение активно при низких температурах (+3 °C), не смывается дождем через 2 часа после обработки. Современные препараты на основе ципродинила эффективно подавляют рост мицелия таких патогенов, как мучнистая роса, плодовая гниль и парша плодовых культур.

Максимально допустимые уровни (далее — МДУ) ципродинила в тропических фруктах в Российской Федерации не установлены. В Европейском союзе МДУ ципродинила для манго, папайи, киви составляют 0,02 мг/кг, авокадо — 1,0 мг/кг.

Контроль остаточных количеств ципродинила в тропических фруктах в Российской Федерации не обеспечен официальными методами измерения. В связи с этим актуальна разработка нового и надежного метода анализа с применением современных методов пробоподготовки и идентификации для осуществления контроля безопасности импортируемой продукции.

В исследовании были использованы образцы продукции (манго незрелые и спелые, папайя, киви, маракуйя, питахайя и авокадо), реализуемой на потребительском рынке в г. Москва и Московской области.

Доставленные в лабораторию образцы плодов тропических фруктов замораживали и хранили до исследования при температуре ниже минус 18 °С. Перед проведением исследований пробы измельчали на гомогенизаторе, из плодов манго и авокадо предварительно удаляли косточки. При определении содержания действующего вещества в эквиваленте на целый плод (с учетом косточки) перед анализом взвешивали поочередно целые плоды и мякоть для установления коэффициента перерасчета.

В качестве основного метода пробоподготовки применяли технологию QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe — Быстро, Просто, Дешево, Эффективно, Надежно и Безопасно) — комплексный подход к объединенному применению экстракции, разделения и очистки экстракта [1].

Известно, что фрукты являются сложными матрицами для анализа остатков пестицидов. Повышенная кислотность, содержание в кожуре большого количества пектинов, сахаров и сложных ароматических соединений могут приводить к высоким матричным эффектам [2], которые влияют на количественное определение действующих веществ в анализируемых образцах.

Процедура низкотемпературного вымораживания (ниже минус 18 °С) на стадиях экстракции, до и после очистки позволила избежать конденсации влаги, мешающего влияния липидов и понизить шум линии фонового сигнала детектора.

В качестве экстрагента был выбран ацетонитрил [3]. В связи с негативным влиянием его на уровень масс-спектрометрического сигнала для минимизации устранения потерь ципродинила при вводе в инжектор выполняли концентрирование конечных экстрактов с заменой растворителя (на ацетон).

Применение солей (сульфата магния и хлорида натрия), легко отделяющих экстракты от водной фазы за счет эффекта высаливания и цитратного буфера (цитрат натрия, натрий лимоннокислый двузамещенный, 1,5-водный) на стадии извлечения аналита из образцов тропических фруктов, обеспечило удовлетворительное разделение фаз при центрифугировании.

Кислотность у плодов маракуйи, киви, незрелых манго (рН ~2,0) выше, чем у других исследуемых нами фруктов, поэтому пробоподготовка этих матриц была затруднена из-за необходимости корректировки значения рН. Добавление 2 см<sup>3</sup> 10%-го раствора гидроксида натрия на стадии экстракции позволило стабилизировать рН до 5,0–5,5 и увеличить полноту извлечения ципродинила из этих матриц.

Согласно Руководящему документу Европейской Комиссии по контролю качества и процедурам валидации методов определения ОКП в пищевых продуктах и кормах [4], авокадо относится к 4-й группе продуктов (с высоким содержанием масла и средним содержанием воды), а значит, есть ограничения для применения классической технологии пробоподготовки QuEChERS. Внесение 6 см<sup>3</sup> воды на стадии экстракции и уменьшение массы образцов авокадо до 5 г позволили отнести его к группе культур с высоким содержанием воды и расширить сферу применения метода QuEChERS [5]. Очистку экстрактов проводили, применяя наборы для фруктов и овощей с маслом и воском (смесь сорбентов на основе первичного-вторичного амина (PSA-Primary Secondary Amine sorbent), магния сернокислого и твердофазного сорбента на основе октадецилсилана).

Для удаления стиролов и пигментов (каротиноидов и хлорофилла) экстракты манго, папайи, киви и маракуйи очищали методом дисперсионной твердофазной экстракции (далее — дТФЭ) при использовании смесей, в составе которых присутствовала графитированная сажа (GCB-Graphitised Carbon Black sorbent).

Идентификацию и количественное определение ципродинила выполняли, используя масс-спектрометр «Agilent 5977A» (ионизация электронным ударом) с газовым хроматографом «Agilent 7890B» в режиме регистрации выбранных ионов с отношением масса / заряд ( $m/z$ ): 224 (количественный расчет), 77, 210 и программным обеспечением Agilent MussHunter.

Уникальная избирательность в режимах SIM (мониторинг избранных ионов) наряду с очень высокой чувствительностью, универсальностью и специфичностью позволили использовать комбинацию газо-жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией для определения анализируемого вещества на фоне достаточно сложных матриц тропических фруктов.



Для подтверждения достоверных, прецизионных, воспроизводимых результатов были подготовлены и проанализированы модельные образцы мякоти спелых плодов манго с внесением аналитов на пяти уровнях в диапазоне от 1–10 нижних пределов количественного определения и до уровня, в 50 раз превышающего верхние границы измерений.

Количественная оценка матричных эффектов в сырых и спелых матрицах выполнялась в соответствии с рекомендациями международного документа [4] путем сравнения отклика детектора аналита в указанных матрицах и сигнала в чистом растворителе. Эффект матрицы не превысил 20% (зеленые плоды — 11,3%, спелые — 9,7%), что позволило применить для количественного анализа абсолютную калибровку на растворителе (ацетоне).

Градуировочная характеристика, выражающая линейную (коэффициент корреляции > 0,999) зависимость площади хроматографических пиков ципродинила от его концентрации в растворе, построена в диапазоне 0,007–0,125 мкг/см<sup>3</sup>, соотношение сигнал / шум на уровне нижней границы калибровочного графика составило 25 : 1.

Благодаря эффективным способам экстракции, концентрирования и очистки вещества, приемам детектирования на основе хромато-масс-спектрометрии и техническим возможностям оборудования получены надежные результаты, обеспечивающие нижний предел количественного определения на уровне 0,01 мг/кг.

При разработке аналитического метода были оценены его основные статистические критерии. Результаты оценки представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Метрологические характеристики методики определения ципродинила

Метрологическая характеристика	Ципродинил (мякоть манго)
Диапазон определения, мг/кг	0,01–5,00
Показатель повторяемости (среднеквадратичное отклонение повторяемости), %	7,8
Показатель воспроизводимости (среднеквадратичное отклонение воспроизводимости), %	10,8
Предел повторяемости (значение допустимого расхождения между двумя результатами параллельных определений), %	22
Предел воспроизводимости (значение допустимого расхождения между двумя результатами измерений, полученными в разных лабораториях), %	30
Средняя полнота извлечения вещества, %	94,1

Суммарная погрешность измерения остаточных количеств ципродинила в мякоти манго, выполняемого по методике измерений, составила 32%, что не превышает для ОКП допустимого значения в 50% [4].

По результатам выполненной работы сформированы методические указания «Определение остаточных количеств ципродинила в тропических фруктах (манго, папайя и др.) методом капиллярной газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием» по разделу 4.1. Методы контроля. Химические факторы.

Разработанная методика апробирована при исследовании плодов тропических фруктов, импортированных из Бразилии, Китая и Таиланда. Полученные значения полноты извлечения из образцов зеленого и спелого манго составили 84,6% и 94,1%, киви — 90,5%, папайи — 82,8%, питахайи — 97,6%, маракуйи — 94,3%, авокадо — 90,5%, что полностью удовлетворяет требованиям к методикам определения остаточных количеств пестицидов в кормах и пищевых продуктах.

Оценен уровень остаточных количеств ципродинила в образцах питахайи, авокадо, а также манго (свежих и сушеных), произведенных в Социалистической Республике Вьетнам. Идентифицированные уровни остаточных количеств ципродинила в исследованных образцах не достигали нижнего предела количественного определения (0,01 мг/кг), что подтвердило безопасность импортируемой продукции.

Известный подход к пробоподготовке QuEChERS позволил существенно снизить влияние примесей и компонентов исследуемых матриц и провести определение остаточных количеств ципродинила с удовлетворительными метрологическими характеристиками.

Современное развитие аналитической химии пестицидов, использование газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием позволили реализовать метод определения ципродинила в плодах тропических фруктов, обеспечивая контроль его содержания в соответствии с установленными международными рекомендациями.

## Литература

1. Comparison of QuEChERS sample preparation methods for the analysis of pesticide residues in fruits and vegetables / S. J. Lehotay [et al.] // Journal of Chromatography A. — 2010. — Vol. 1217, Iss. 16. — P. 2548–2560.
2. Evaluation of the matrix effect of pH value and sugar content on the analysis of pesticides in tropical fruits by UPLC-MS/MS / J. Zhao [et al.] // Microchemical Journal. — 2021. — Vol. 168. — P. 106375.
3. Fast and Easy Multiresidue Method Employing Acetonitrile Extraction/Partitioning and Dispersive Solid-Phase Extraction for the Determination of Pesticide Residues in Produce / M. Anastassiades [et al.] // Journal of AOAC INTERNATIONAL. — 2003. — Vol. 86, Iss. 2. — P. 412–431.
4. Analytical Quality Control and Method Validation Procedures for Pesticide Residues Analysis in Food and Feed [Electronic resource] // EU Reference Laboratories for Residues of Pesticides. — 2021. — Mode of access: [https://www.eurl-pesticides.eu/userfiles/file/EurlALL/SANTE\\_11312\\_2021.pdf](https://www.eurl-pesticides.eu/userfiles/file/EurlALL/SANTE_11312_2021.pdf). — Date of access: 16.08.2023.
5. EN 15662:2018. Foods of plant origin — Multimethod for the determination of pesticide residues using GC- and LC-based analysis following acetonitrile extraction/partitioning and clean-up by dispersive SPE — Modular QuEChERS-method [Electronic resource]. — Mode of access: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/61387/8e5e91dbfccc475a81bae8cfe4cf9a9e/SIST-EN-15662-2018.pdf>. — Date of access: 16.08.2023.

Поступила 25.08.2023

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЛУОКСАПИПРОЛИНА И ЕГО МЕТАБОЛИТОВ В РАЗЛИЧНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТРИЦАХ

Ивченкова А. А., к. т. н., [gurana@yandex.ru](mailto:gurana@yandex.ru),  
Федорова Н. Е., д. б. н., [analyt1@yandex.ru](mailto:analyt1@yandex.ru),  
Добрев С. Д.

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Флуоксапипролин представляет собой новый фунгицид из химического класса пиперидинил-тиазолизоксазолина. Он относится к ингибиторам оксистерол-связывающего белка по механизму действия и активен против широкого спектра грибов-оомицетов [1]. Название по IUPAC [2-[3-[2-[1-[2-[3,5-бис(дифторметил)пиразол-1-ил]ацетил]пиперидин-4-ил]-1,3-тиазол-4-ил]-4,5-дигидро-1,2-оксазол-5-ил]-3-хлорфенил] метансульфонат.

Вещество используется в ряде стран, но значительное количество государств еще не определились окончательно с уровнем потенциальных рисков при его использовании (не запретили и не разрешили его использование) и, по всей вероятности, продолжают его изучение.

Основными метаболитами флуоксапипролина в растениях являются BCS-CS55621-пиразол-аланин (BCS-DE61185) и BCS-CS55621-пиразол-уксусная кислота (BCS-CC26101), в гораздо меньших количествах присутствует BCS-CS55621-пиразол-аланин-оксапропановая кислота (BCS-DE72761) [2].

Флуоксапипролин и метаболиты BCS-DE61185 и BCS-CC26101 считаются токсикологически эквивалентными. Поэтому их сумма может быть достаточна для оценки рисков в пищевой продукции [2].

В литературе [2] описываются методы анализа флуоксапипролина и его различных метаболитов в растительных и животных матрицах, все они основаны на применении высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором.

В данной работе была поставлена задача разработки методики совместного определения флуоксапипролина и его метаболитов BCS-CS55621-пиразол-уксусная кислота (далее — BCS-CC26101), BCS-CS55621-пиразол-аланин (далее — BCS-DE61185), BCS-CS55621-пиразол-аланин-оксапропановая кислота (далее — BCS-DE72761) в картофеле, ягодах и соке винограда, в плодах и соке томатов, луке, огурцах, семенах подсолнечника, сое, растительных маслах на необходимом уровне.

В соответствии с рекомендациями [3] в целях облегчения контроля остаточных количеств пестицидов, присутствующих в продуктах или группах продуктов, для действующих веществ которых не установлены максимально допустимые уровни, по умолчанию нижний предел определения (далее — LOQ) задается на уровне 0,01 мг/кг. При этом предусмотрена возможность его установки

на другом уровне с учетом доступных рутинных аналитических методов и/или защиты прав потребителей.

Поставленная задача включала в себя следующие ограничения:

- метод подготовки проб должен обеспечивать одновременное извлечение всех четырех веществ;
- степень извлечения должна быть в диапазоне 70–120 % для избежания необходимости введения коэффициента извлечения и/или матричной калибровки;
- должна быть обеспечена максимально возможная очистка пробы от матрицы для уменьшения матричных эффектов, в том числе ее влияния на интенсивность сигнала и загрязнение прибора;
- методика должна быть максимально простой для воспроизведения специалистом, занимать минимально возможное время.

В исследованиях использован жидкостный хроматограф с квадрупольным тандемным гибридным масс-детектором «Qtrap 6500+», Сингапур.

Ряд экспериментов по проведению оптимизации веществ показал, что ее проведение затруднительно при работе с ацетонитрильными растворами. Введение кислоты в раствор стандарта снижает интенсивность сигналов. Но при добавлении 5 ммоль формиата аммония наблюдается четкий спектр флуоксапипролина и всех трех его метаболитов, в том числе 340 Da (BCS-DE72761) и 254 Da (BCS-DE61185).

В работе исследовалась смесь веществ разной химической природы, включая высокополярные. Поэтому подбор хроматографической колонки для их разделения и идентификации имел важнейшее значение. Были апробированы Synergi 4 $\mu$ m Fusion-RP 80 A, 50  $\times$  2 мм, «Obelisc R» 150  $\times$  2,1 мм 5 мкм 100A, SeQuant ZIC-cHILIC, 100  $\times$  4,6 мм, 3 мкм. Режим элюирования во всех случаях градиентный. При этом также оценивалось влияние присутствия в подвижной фазе муравьиной кислоты, формиата аммония и ацетата аммония.

На Synergi 4 $\mu$ m Fusion-RP 80 A (неподвижная фаза на основе сорбента C18 с TMS эндкеппингом) реализуется преимущественно обращенно-фазовый механизм взаимодействия, «Obelisc R» позволяет реализовывать несколько режимов разделения — обращенно-фазовый, HILIC и ионообменный.

Данные, полученные при работе на этих колонках при градиентных режимах, были удовлетворительными для флуоксапипролина и его метаболита BCS-CC26101. Но для BCS-DE72761 и BCS-DE61185 формировались сильно размытые пики, причем на «Obelisc R» результат в целом был хуже, чем на C18.

Дальнейший эксперимент был направлен на поиск более подходящих механизмов хроматографии для полярных соединений — аминокислот.

Колонка SeQuant® ZIC®-cHILIC для ВЭЖХ обеспечивает дополнительную селективность для оптимального разделения полярных гидрофильных соединений. Как и во всех настоящих цвиттер-ионных неподвижных фазах, воспроизводимое разделение достигается за счет гидрофильного разделения в сочетании со слабыми ионными взаимодействиями.

Более доступные положительные заряды колонки SeQuant® ZIC®-cHILIC позволяют регулировать селективность в хроматографии за счет изменения взаимодействия с анионными и катионными молекулярными фрагментами.

Применение данной колонки с использованием в качестве подвижной фазы 5 мМ ацетата аммония и ацетонитрила позволило решить проблемы формирования хроматографических пиков BCS-DE72761 и BCS-DE61185.

В результате были определены следующие режимные параметры: режим ионизации: электроспрей (ESI), полярность: положительная (для флуоксапипролина) и отрицательная (для BCS-CC26101; BCS-DE61185; BCS-DE72761), режим работы — мониторинг множественных реакций (MRM), температура осушающего газа 450 °С.

Выбраны MRM-переходы: для флуоксапипролина 650,2 $\rightarrow$ 610 (количественный), 650,2 $\rightarrow$ 378 и 650,2 $\rightarrow$ 193 (подтверждающие); для метаболита BCS-DE72761 340 $\rightarrow$ 167 (количественный), 340 $\rightarrow$ 296 и 340 $\rightarrow$ 147 (подтверждающие); для метаболита BCS-DE61185 254 $\rightarrow$ 167 (количественный), 254 $\rightarrow$ 147,1, 254 $\rightarrow$ 99 и 254 $\rightarrow$ 127 (подтверждающие); для метаболита BCS-CC26101 225,1 $\rightarrow$ 181 (количественный), 225,1 $\rightarrow$ 161 и 225,1 $\rightarrow$ 141 (подтверждающие).

Условия хроматографирования: температура колонки 40 °С, скорость потока элюента 0,4 см<sup>3</sup>/мин, объем вводимой пробы 5 мм<sup>3</sup>, подвижная фаза компонент А — 5 мМ ацетата аммония; компонент Б — ацетонитрил, режим элюирования градиентный.

Линейный диапазон детектирования для каждого вещества 12,5–500 пг.

Образцы, дающие пики, большие, чем градуировочный раствор с концентрацией 0,125 мкг/мл, разбавляют подвижной фазой для соответствующей колонки с соотношением компонентов А и Б 50 : 50 (не более чем в 100 раз).

Если необходимо провести анализ только на флуоксапипролин, то возможно применение колонки типа C18 со следующими условиями хроматографирования: температура колонки: плюс 40 °С, скорость потока элюента: 0,4 см<sup>3</sup>/мин, объем вводимой пробы 5 мм<sup>3</sup>, подвижная фаза компонент А — 5мМ формиата аммония, подкисленный 0,1%-й муравьиной кислотой, компонент Б — ацетонитрил, режим элюирования градиентный.

При проведении калибровки с помещением градуировочных смесей в стеклянные виалы для BCS-DE61185 и BCS-DE72761 был получен большой разброс данных. Этот эффект взаимодействия веществ с поверхностью стекла нейтрализуется применением пластиковых вставок. Также необходимо отметить, что BCS-DE61185 — по структуре аминокислота на основе аланина, имеющая хиральный центр, выходит в виде двух полностью разделенных пиков, предположительно оптических изомеров.

Получены линейные калибровочные характеристики для флуоксапипролина и его метаболитов BCS-CC26101, BCS-DE61185, BCS-DE72761 в диапазоне концентраций 0,0025–0,125 мкг/мл со следующими коэффициентами корреляции соответственно 0,9892; 0,9892; 0,9977; 0,9834.

Времена выхода пиков для флуоксапипролина, BCS-CC26101, BCS-DE61185 и BCS-DE72761 соответственно составили, мин: 2,5; 2,6; 7,8 и 8,3.

Соотношения сигнал/шум для каждого компонента не менее 1 : 10, что соответствует требованиям [4].

Вариант проведения подготовки пробы полностью по технологии QuChERS не исследовался, поскольку все три данных метаболита являются кислотами и их взаимодействие со смесью первичных и вторичных аминов неизбежно, что приведет к крайне низкой степени извлечения веществ из пробы.

Но предполагалось, что применение солей могло быть полезным из-за эффекта высаливания, поэтому сначала были проведены эксперименты в этом направлении.

Первоначально исследовались огурцы и соя как представители матриц различного типа. Навеску измельченных проб огурцов и бобов сои помещали в центрифужные пробирки, делали внесение на нижнем LOQ, равном 0,01 мг/кг, добавляя в них по 10 мл ацетонитрила и для сои дополнительно по 10 мл воды. Пробы встряхивали на вихревом шейкере типа Vortex, добавляли хлорид и безводный сульфат натрия в количестве 3,5 и 2,5 г соответственно и еще раз встряхивали. Затем образцы центрифугировали, вымораживали при температуре не выше минус 18 °С не менее 12 часов. После фильтрования через шприцевой мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм пробы помещали в виалы с пластиковыми вставками и проводили измерение в оптимизированных условиях, описанных выше. При этом выход BCS-DE61185 и BCS-DE72761 составил не более 15 %, флуоксапипролина и BCS-CC26101 — до 30 %.

Следующим вариантом было использование на стадии экстракции смеси ацетонитрил/вода в объемном соотношении 80/20 без применения солей. После вымораживания в пробирках наблюдалось четкое расслоение водной и ацетонитрильной фаз. Каждая фаза фильтровалась и исследовалась отдельно. Распределение веществ в зависимости от матрицы и фазы представлено в таблице 1.

Таблица 1 — Распределение веществ в зависимости от матрицы и фазы

Вещество	Найдено от внесенного вещества в матрицу, % (в ацетонитрильном слое / в водном слое)	
	Огурцы	Соя
Флуоксапипролин	100 / 0	30 / 50
BCS-CC26101	100 / 0	30 / 60
BCS-DE61185	60 / 0	10 / 50
BCS-DE72761	0 / 100	30 / 30

Из полученных данных следует, что из водосодержащей матрицы флуоксапипролин, BCS-CC26101 и BCS-DE61185 извлекаются ацетонитрилом, тогда как извлечение BCS-DE72761 однозначно требует присутствия воды. При экстракции из бобов сои вода необходима для всех веществ. Также следует вывод о том, что единый подход для всех четырех веществ и различных типов матриц (водосодержащей и с высоким содержанием белка) неприемлем.

Для стабилизации кислотных форм метаболитов и соответственно смещения равновесия при распределении веществ между водной и органическими фазами был исследован вариант с понижением pH экстракта по следующей схеме: для водосодержащих матриц, таких как огурцы, томаты,

виноград, к 10 г навески добавляется 500 мкл муравьиной кислоты и 10 мл ацетонитрила. Для сои вносилось дополнительно 10 мл воды. Значение pH экстракта было оценено по индикаторной бумаге и составило от 1 до 2. Далее проводили встряхивание, центрифугирование, вымораживание и отдельное фильтрование слоев (кроме экстракта винограда, поскольку в нем расслоения не наблюдалось). Данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Распределение веществ по фазам в различных матрицах при подкислении экстракта

Вещество	Найдено от внесенного вещества в матрицу, % (в ацетонитрильном слое/в водном слое)			
	огурцы	томаты	виноград (нет разделения слоев)	соя
Флуоксапипролин	100 / 0	100 / 0	45	35 / 48
BCS-CC26101	100 / 0	100 / 0	100	35 / 63
BCS-DE61185	50 / 50	50 / 50	43	8 / 55
BCS-DE72761	40 / 0	0 / 0	0/0	30 / 30

В приведенных условиях для BCS-DE61185 и BCS-DE72761 наблюдался сдвиг времен удерживания на 4 мин (с 8 до 12 мин) и размытие форм пиков.

Причем у BCS-DE61185, имеющего, как уже упоминалось, два пика, время выхода первого пика не изменилось, а второго — существенно сдвинулось, что возможно для оптических изомеров, поскольку они могут по-разному реагировать на изменение pH. Выход вещества определялся по сумме пиков.

Данный эксперимент показал, что понижение pH не влияет на извлечение флуоксапипролина и BCS-CC26101, но негативно сказывается на хроматографировании BCS-DE61185 и BCS-DE72761.

Следующая модификация подготовки проб основывалась на методе QuPRe [5]. Экстракция проводилась метанолом или смесью метанол/вода в соотношении 1: 1 при подкислении муравьиной кислотой или без нее.

На основании проведенных экспериментов показано, что наиболее эффективными являются: экстракция флуоксапипролина из картофеля, семян и масла сои и подсолнечника с помощью смеси ацетонитрил/вода в соотношении 1: 1 при подкислении муравьиной кислотой,

экстракция флуоксапипролина, BCS-CC26101, BCS-DE61185 и BCS-DE72761 из ягод и сока винограда, плодов и сока томатов, лука, огурцов и масел и метаболитов флуоксапипролина (BCS-CC26101, BCS-DE61185, BCS-DE72761) из семян сои и подсолнечника и клубней картофеля смесью метанол/вода (1: 1 по объему).

Полученные данные по степени извлечения при наиболее эффективной экстракции приведены в таблице 3.

Таблица 3 — Степень извлечения веществ при оптимальных условиях экстракции

Вещество	Степень извлечения, %						
	огурец	лук	картофель	виноград (сок винограда)	томаты (томатный сок)	соя, семена (масло)	подсолнечник, семена (масло)
Флуоксапипролин	88	92,4	110,1	106,4 (102,9)	92,9 (94,8)	106,4 (103,2)	73,9 (74,3)
BCS-CC26101	109,3	165	105,2	106,9 (104,1)	106,2 (103,1)	101,4 (98,6)	108,5 (109,1)
BCS-DE61185	64	101,5	60,2	94,6 (103,5)	83,7 (82,5)	99,5 (97,6)	73,9 (75)
BCS-DE72761	63	62,3	58,8	96,1 (95,2)	61 (59,2)	74 (71,5)	74 (73)

Из таблицы 3 следует, что при расчете значений концентраций BCS-DE61185 и BCS-DE72761 в огурце, картофеле и томатах, а также BCS-CC26101 в луке требуется введение в расчетную формулу коэффициента извлечения, поскольку степень менее 70 %, либо необходимо перейти на матричную калибровку.

По результатам выполненной работы сформированы методические указания «Определение остаточных количеств флуоксапипролина с учетом основных метаболитов BCS-CS55621-пиразолуксусная кислота (BCS-CC26101), BCS-CS55621-пиразол-аланин (BCS-DE61185) и BCS-CS55621-пиразол-

аланин-оксапропановая кислота (BCS-DE72761) в картофеле, ягодах и соке винограда, в плодах и соке томатов, луке, огурцах, семенах подсолнечника, сое, растительных маслах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием» по разделу 4.1. Методы контроля. Химические факторы.

На основании разработанной методики были проведены работы по исследованию динамики остаточных количеств флуоксапипролина и его метаболитов в картофеле, луке, томатах, огурцах, винограде, сое (зеленой массе, семенах и масле), подсолнечнике (зеленой массе, семенах и масле).

## Литература

1. Australia to approve Bayer's Xivana Prime 20 SC Fungicide containing fluoxapiprolin [Electronic resource] // AgNews. — Mode of access: <https://news.agropages.com/News/NewsDetail--42499.htm>. — Date of access: 08.09.2023.

2. Public Release Summary on the evaluation of the new active constituent fluoxapiprolin in the product Xivana Prime 20 SC Fungicide APVMA product number 89997 [Electronic resource] // Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority (APVMA). — Mode of access: <https://apvma.gov.au/node/98651>. — Date of access: 08.09.2023.

3. Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www.legislation.gov.uk/eur/2005/396/contents#>. — Date of access: 08.09.2023.

4. Analytical quality control and method validation procedures for pesticides residues analysis in food and feed. Supersedes Document N° SANTE/11312/2021; Implemented by 01.01.2022 [Electronic resource]. — Mode of access: [https://www.eurl-pesticides.eu/docs/public/tmpl\\_article.asp?CntID=727](https://www.eurl-pesticides.eu/docs/public/tmpl_article.asp?CntID=727). — Date of access: 08.09.2023.

5. Quick Method for the Analysis of Highly Polar Pesticides in Food Involving Extraction with Acidified Methanol and LC- or IC-MS/MS Measurement I. Food of Plant Origin (QuPPE-PO-Method) [Electronic resource]. — Mode of access: [https://www.eurl-pesticides.eu/userfiles/file/EurlSRM/EurlSrm\\_meth\\_QuPPE\\_PO\\_V12.pdf](https://www.eurl-pesticides.eu/userfiles/file/EurlSRM/EurlSrm_meth_QuPPE_PO_V12.pdf). — Date of access: 08.09.2023.

Поступила 13.09.2023

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОТБОРУ ПРОБ И ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДУХА ЗАКРЫТЫХ (ЗАМКНУТЫХ) ПОМЕЩЕНИЙ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВА, КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА И РЕКОНСТРУКЦИИ

*Крийт В. Е., v.kriit@s-znc.ru,  
Сладкова Ю. Н., sladkova.julia@list.ru,  
Скляр Д. Н., d.sklyar@s-znc.ru,  
Волчкова О. В., 4291907@gmail.com*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия

Качество воздуха является одной из главных санитарно-гигиенических характеристик среды обитания каждого человека [1]. В руководстве Всемирной организации здравоохранения «Руководство по качеству воздуха в помещениях: избранные загрязняющие вещества» неудовлетворительное качество воздуха внутри помещений расценивается как серьезный фактор риска для здоровья человека. Результаты исследований показывают, что уровень химического загрязнения воздуха закрытых (замкнутых) помещений в несколько раз превышает уровень загрязнения атмосферного воздуха [2, 3]. Значимость данной проблемы обуславливается еще и тем, что люди проводят в помещении значительную часть времени.

Увеличение объемов строительства жилья, количества применяемых в строительстве новых строительных материалов и добавок для их производства, внедрение новых технологий в проектировании и строительстве, снижение административной нагрузки на застройщиков, а также трудности,

возникающие при выявлении источников загрязнения в уже введенных в эксплуатацию объектах, приводят к необходимости разработки единых методических подходов к организации и проведению отбора проб воздуха помещений, которые позволили бы объективно оценить качество воздуха на объекте в целом, и решения целого ряда вопросов:

- определить достаточное для объективной характеристики объекта количество обследуемых помещений, учитывающее равномерное распределение по зданию, функциональное назначение и время нахождения;

- учитывая нецелесообразность применения единого стандартного перечня показателей для помещений с отделкой и без отделки, обосновать перечень определяемых показателей, который должен соответствовать перечню загрязняющих веществ, выделение которых возможно из применяемых строительных и отделочных материалов;

- выработать единый подход к проведению отбора проб воздуха и предварительной подготовке помещений, позволяющий сопоставлять полученные результаты исследований;

- определить количество проб на каждое загрязняющее вещество, которое необходимо отобрать для получения объективной оценки качества воздуха в помещении.

Целью данной работы было обоснование необходимого объема и условий проведения исследований воздуха закрытых (замкнутых) помещений, позволяющих объективно оценить качество воздуха в помещениях всего объекта с учетом лимитирующего показателя вредности определяемых веществ.

В ходе выполнения работы были проанализированы действующие и ранее действовавшие нормативно-методические документы по отбору проб и оценке качества атмосферного воздуха и воздуха закрытых (замкнутых) помещений, литературные источники по данной проблеме. Учтены результаты оценки протоколов лабораторных исследований воздуха закрытых (замкнутых) помещений, отобранного на объектах завершеного строительства.

В настоящее время воздух закрытых (замкнутых) помещений перед вводом объектов в эксплуатацию исследуется в произвольно выбранных помещениях, без учета их расположения, площади, функционального назначения, времени пребывания, наличия или отсутствия отделки помещений, в большинстве случаев — на стандартный перечень показателей, включающий 19 загрязняющих веществ. Перечень, включающий загрязняющие вещества внешнего генеза (поступление которых возможно с наружным атмосферным воздухом) и внутреннего генеза (выделение которых возможно из строительных и отделочных материалов), представлен в постановлении Правительства Российской Федерации от 28.01.2006 № 47 «Об утверждении Положения о признании помещения жилым помещением, жилого помещения непригодным для проживания, многоквартирного дома аварийным и подлежащим сносу или реконструкции, садового дома жилым домом и жилого дома садовым домом» (п. 32) и в Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требованиях к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), определенных как перечень наиболее гигиенически значимых веществ, загрязняющих воздушную среду помещений жилых и общественных зданий (Приложение 17.1 к разделу 17 главы II). В тех же Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требованиях к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), в Приложении 6.1 к разделу 6 главы II для основных видов полимеров, применяемых для изготовления строительных и отделочных материалов, приведены показатели безопасности (определению подлежат от 2 до 6 показателей на каждый из представленных 17 наименований полимеров). Ориентировочные перечни выделяющихся веществ, подлежащих определению при санитарно-химических исследованиях основных типов полимерных строительных материалов, представлены также в Приложении 1 к методическим указаниям МУ 2.1.2.1829-04 «Санитарно-гигиеническая оценка полимерных и полимерсодержащих строительных материалов и конструкций, предназначенных для применения в строительстве жилых, общественных и промышленных зданий» (определению подлежат от 4 до 26 показателей на каждое из представленных 18 наименований полимеров). Необходимо отметить, что в данных перечнях для всех представленных полимеров определению подлежат 57 загрязняющих веществ, 8 из которых не имеют гигиенических нормативов. Анализ протоколов лабораторных исследований показал, что в помещениях без отделки концентрации большей части определяемых согласно перечню загрязняющих веществ были меньше нижней границы диапазона измерений методик определения конкретных веществ (далее — НПО), в помещениях с отделкой ниже НПО установлены концентрации только 9 загрязняющих веществ.

Учитывая, что в настоящее время существует несколько методических подходов к отбору проб воздуха, которые имеют существенные различия, для объективной оценки качества воздуха закрытых (замкнутых) помещений необходимым условием является единый подход к проведению и ус-

ловиям отбора проб, что требует обобщения, конкретизации, дополнения и уточнения положений имеющихся методических документов [4, 5]. Общие требования к отбору проб атмосферного воздуха городских и сельских поселений, представленные в руководящем документе РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» и межгосударственном стандарте ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов», не отражают специфику отбора проб воздуха закрытых (замкнутых) помещений. При анализе протоколов лабораторных исследований отмечено, что отбор проб в большинстве случаев осуществляется по методическим документам на определение конкретных веществ, в разделах отбора проб которых представлены только требования к объему проб, скорости и времени аспирации. Некоторые из них содержат требования к подготовке помещений и выбору контрольных точек (например, национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 57256-2016 «Воздух замкнутых помещений. Отбор проб при определении аммиака» и национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 16000-2-2007 «Воздух замкнутых помещений. Часть 2. Отбор проб на содержание формальдегида. Основные положения» (идентичен международному стандарту ISO 16000-2:2004 «Indoor air — Part 2: Sampling strategy for formaldehyde»). Применяются также национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 16000-1-2007 «Воздух замкнутых помещений. Часть I. Отбор проб. Общие положения» (идентичен международному стандарту ISO 16000-1:2004 «Indoor air — Part 1: General aspects of sampling strategy»), который устанавливает общие положения для разработки методики отбора проб и предназначен для мониторинга загрязняющих веществ в воздухе закрытых (замкнутых) помещений, и методические указания МУ 2.1.2.1829-04, предназначенные для выявления некачественных строительных и отделочных материалов, согласно которому натурные исследования выполняются в условиях накопления загрязняющих веществ в воздухе помещения.

В рамках выполнения научно-исследовательской работы НИР «Воздух закрытых (замкнутых) помещений. Обоснование необходимого объема лабораторно-инструментальных исследований для оценки качества воздуха в помещениях жилых, общественных и производственных зданий после окончания строительства, капитального ремонта и реконструкции» и договора с ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб» об оказании услуг по разработке рекомендаций по основным требованиям к объему и проведению лабораторно-инструментальных исследований воздуха закрытых (замкнутых) помещений после окончания строительства, капитального ремонта, реконструкции жилых, общественных и производственных зданий разработан проект методических рекомендаций «Отбор проб воздуха закрытых (замкнутых) помещений жилых и общественных зданий после окончания строительства, капитального ремонта, реконструкции» (далее — МР). Данные МР учитывают положения действующих нормативно-методических документов по отбору проб воздуха помещений и разработаны в развитие ранее введенных в действие методических рекомендаций МР 4.1.0115/1-17 «Отбор проб воздуха закрытых помещений на объекте „Санкт-Петербург Арена“ на содержание вредных веществ, выделяющихся из строительных материалов», в которых представлены методические подходы к отбору проб воздуха закрытых помещений, предназначенных для проведения массовых мероприятий, на конкретном объекте с учетом времени пребывания людей и особенностей эксплуатации помещений спортивного назначения.

Настоящие МР устанавливают порядок проведения отбора проб воздуха в помещениях жилых и общественных зданий после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции для оценки соответствия содержания загрязняющих веществ в воздухе помещений санитарно-эпидемиологическим требованиям и гигиеническим нормативам СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Предназначены МР для специалистов Испытательных лабораторных центров/лабораторий и Органов Инспекции, аккредитованных в установленном порядке на проведение лабораторно-инструментальных исследований воздуха помещений и их гигиеническую оценку (санитарно-эпидемиологическую экспертизу), специалистов других организаций, осуществляющих обследование жилых, общественных зданий и сооружений на их соответствие требованиям нормативных правовых актов в части обеспечения безопасности для жизни и здоровья граждан. Также ими могут руководствоваться индивидуальные предприниматели и юридические лица, деятельность которых связана с проектированием, строительством (капитальным ремонтом, реконструкцией) и эксплуатацией жилых и общественных зданий.

В МР предложены критерии выбора помещений для проведения отбора проб, точек отбора проб, контролируемых показателей, а также определены условия проведения отбора проб с целью выявления в здании помещений, в которых могут быть превышения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ, а также для оценки максимальных значений в типичных помещениях (по функциональному назначению, площади, расположению, а также по типу примененных



строительных материалов). Настоящие МР не распространяются на проведение исследований воздуха помещений по показателям радиационной безопасности и не предназначены для выявления источника загрязняющих веществ.

Структура МР включает 6 разделов (I «Общие положения и область применения», II «Подготовка к проведению отбора проб», III «Проведение отбора проб», IV «Методы измерений, средства измерений и порядок их применения», V «Обработка и оформление результатов», VI «Гигиеническая оценка качества воздуха помещений по результатам лабораторно-инструментальных исследований»), 2 приложения («Показатели безопасности полимерных и полимерсодержащих строительных материалов и мебели», «Перечень веществ, подлежащих определению при санитарно-химических исследованиях основных типов полимерных строительных материалов»), а также библиографические ссылки (39 источников) и справочные материалы (применяемые в МР термины и определения).

В проекте МР определен минимально необходимый объем исследований. Для проведения отбора проб воздуха помещений рекомендуется предусматривать на объекте обследование не менее 5 % квартир/помещений с постоянным пребыванием людей от их общего количества, но не менее 5 квартир/помещений. Если число квартир/помещений с постоянным пребыванием людей на обследуемом объекте менее 5, отбор проб рекомендуется проводить в каждой квартире/помещении. При этом в жилых зданиях в программу обследования рекомендуется включать квартиры на каждом этаже, в общественных зданиях рекомендуется обследовать, по возможности, все типы помещений, имеющих различное функциональное назначение и тип примененных строительных материалов. При размерах обследуемого помещения более 100 квадратных метров количество точек измерений увеличивается из расчета одна точка измерений на каждые 100 квадратных метров.

Программу исследований воздуха помещений на содержание загрязняющих веществ предлагается составлять с учетом примененных строительных и отделочных материалов и наличия встроенной мебели, что позволит получить объективную и полную оценку качества воздуха закрытых (замкнутых) помещений, а для помещений без отделки сократить в разы объем проводимых исследований. При отсутствии достоверной информации о примененных строительных материалах в помещениях с отделкой рекомендуется определять не менее 22 показателей, в помещениях без отделки — 10 показателей (5 основных и 5 дополнительных).

Отбор проб рекомендуется проводить при характерных для эксплуатации данных помещений микроклиматических условиях, соответствующих допустимым значениям параметров микроклимата, применяемым к данному типу помещений нормативными требованиями. Подготовка помещений проводится с учетом продолжительности отбора проб и работы системы вентиляции, при обнаружении в воздухе помещений загрязняющих веществ в концентрациях, превышающих гигиенические нормативы, рекомендуется проводить повторное обследование помещений на содержание этих веществ по расширенной программе обследования.

При кратковременном отборе проб воздуха помещений в каждой точке отбора проб загрязняющего вещества рекомендуется отбирать не менее 3 разовых проб воздуха, для получения среднесуточного значения загрязняющего вещества в каждой точке отбора проб выполняется не менее 4 разовых отборов проб в течение суток через равные промежутки времени, если иное количество отборов проб не указано в методике выполнения измерений определяемого загрязняющего вещества (за исключением случаев, когда проводится непрерывный суточный отбор в один поглотительный прибор или на фильтр). При применении дискретного режима отбора проб заданное количество разовых проб отбирают в один поглотительный прибор или на фильтр через равные промежутки времени в течение суток.

Для веществ рефлекторно-резорбтивного действия, которые имеют как максимальную разовую, так и среднесуточную предельно допустимую концентрацию, в настоящее время применяется практика отбора проб только на соответствие среднесуточной предельно допустимой концентрации. К этим веществам относятся аммиак, формальдегид и гидроксibenзол (фенол), являющиеся веществами сильного раздражающего действия и, по сути, маркерами качества воздуха закрытых помещений. Для данных загрязняющих веществ предложено проводить не только долговременный отбор проб на соответствие среднесуточному нормативу, который обычно проводится в естественных условиях эксплуатации, но и кратковременный отбор проб для оценки максимального воздействия, который проводится с учетом времени уравнивания концентраций.

Для определения концентрации веществ, для которых предусмотрен только ориентировочно безопасный уровень воздействия, рекомендуется проводить кратковременный отбор проб.

В проекте МР представлены, кроме того, рекомендации к объему информации, которую следует отразить в актах отбора проб, а также в протоколах измерений при проведении обследования с применением переносных газоанализаторов.

Внедрение в практику разработанного регламента на проведение исследований воздуха закрытых (замкнутых) помещений на этапе ввода объекта в эксплуатацию позволит при минимально необходимом объеме работ объективно оценивать качество воздуха на объекте в целом и сопоставлять полученные результаты исследований.

## Литература

1. Костенко, В. А. Европейские, американские и российские нормативные требования к вентиляции и кондиционированию / В. А. Костенко // Техника. Технологии. Инженерия. — 2017. — № 2. — С. 6–10.
2. Зарипова, Л. Р. Внутрижилищная среда и здоровье населения [Электронный ресурс] / Л. Р. Зарипова, А. В. Иванов, Е. А. Тафеева // Современ. проблемы науки и образования. — 2015. — № 5. — С. 161. — Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22081>. — Дата доступа: 02.08.2023.
3. Дедкова, Л. А. Эмиссия формальдегида в воздух закрытых помещений / Л. А. Дедкова, Л. Г. Ли-сецкая // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. — 2011. — № 3–2 (79). — С. 76–79.
4. Дорогова, В. Б. Особенности отбора проб атмосферного воздуха и воздуха закрытых помещений для определения загрязняющих веществ / В. Б. Дорогова // Гигиена и санитария. — 2010. — № 6. — С. 85–86.
5. Методические вопросы мониторинга аммиака в воздухе закрытых помещений / И. Ш. Якубова [и др.] // Гигиена и санитария. — 2016. — Т. 95, № 10. — С. 917–922.

Поступила 13.09.2023

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОВЕДЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГИПОГЕОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЙ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Крийт В. Е., [v.kriit@s-znc.ru](mailto:v.kriit@s-znc.ru),  
Сладкова Ю. Н., [Sladkova.julia@list.ru](mailto:Sladkova.julia@list.ru),  
Скляр Д. Н., [d.sklyar@s-znc.ru](mailto:d.sklyar@s-znc.ru),  
Плеханов В. П., [wplekhanov@bk.ru](mailto:wplekhanov@bk.ru),  
Волчкова О. В., [4291907@gmail.com](mailto:4291907@gmail.com)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия

Вопросы воздействия геомагнитного поля (далее — ГМП) на человека и различные биологические объекты широко обсуждаются в отечественной литературе, при этом особое внимание уделяется воздействию ослабленного ГМП [1–3]. Представляют интерес работы с результатами экспериментов при моделировании измененного ГМП, в том числе с различным временем экспозиции, на различные биологические объекты [4]. Значительное внимание уделяется изменению параметров естественного ГМП в помещениях в зависимости от экранирующих свойств металлосоодержащих строительных конструкций, увеличения этажности зданий и сооружений [5]. Отмечается, что в малоэтажной застройке с увеличением этажности значения коэффициента ослабления ГМП практически не изменяются, в многоэтажной — имеется тенденция к увеличению значений данного показателя, в современных многоэтажных жилых комплексах с подземными автостоянками и иными помещениями, при строительстве которых, как правило, используются монолитные конструкции, исключаяющие проникновение подземных вод и другие воздействия окружающей среды, значения, получаемые при обследовании помещений первого и второго этажей, сопоставимы со значениями, получаемыми в помещениях верхних этажей.

В настоящее время требования к проведению контроля гипогеомагнитных условий в жилых и общественных зданиях представлены в санитарных правилах и нормативах СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 «Гипогеомагнитные поля в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях»

(согласно частей 1–3 ст. 15 Федерального закона от 31.07.2020 № 247-ФЗ «Об обязательных требованиях в Российской Федерации» с 01.03.2021 г., при осуществлении государственного надзора не допускается оценка соблюдения обязательных требований, содержащихся в документе) и в методике МИПКФ-17-047 «Методика измерений магнитной индукции и коэффициента ослабления геомагнитного поля» (ФР.1.34.2018.29381) с использованием измерителя магнитной индукции ПЗ-81 в исполнении ПЗ-81-01, разработанной ООО «НПФ ЭлектронДизайн». Также измерения проводятся в соответствии с руководствами по эксплуатации применяемых средств измерений (далее — СИ). Действующий государственный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 51724-2001 «Экранированные объекты, помещения, технические средства. Поле гипогомагнитное. Методы измерений и оценки соответствия уровней полей техническим требованиям и гигиеническим нормативам» устанавливает методы измерений внутри экранированных объектов, помещений, технических средств и на рабочих местах персонала данных объектов и не учитывает особенности эксплуатации жилых и общественных зданий. Необходимость разработки единых требований к организации и порядку проведения измерений интенсивности ГМП в помещениях жилых и общественных зданий не вызывает сомнений.

Цель исследования заключалась в анализе основных проблем, возникающих при проведении измерений интенсивности ГМП и расчете коэффициента ослабления ГМП в помещениях жилых и общественных зданий, и разработке положений проекта методических указаний «Гипогомагнитное поле в жилых и общественных зданиях», соответствующих требованиям актуализированных санитарно-эпидемиологических требований и гигиенических нормативов СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

В ходе выполнения работы были проанализированы действующие и ранее действовавшие нормативно-методические документы, устанавливающие требования к проведению измерений интенсивности геомагнитного поля, литературные источники, а также протоколы измерений интенсивности ГМП, выполненные на этапе ввода объектов малоэтажной и многоэтажной жилой и общественной застройки в эксплуатацию.

Для решения было поставлено несколько основных задач:

- определить минимально необходимый объем исследований для объективной оценки гипогомагнитных условий на объекте, что связано с отсутствием требований как к расположению выбираемых для обследования помещений на объекте, так и к их количеству и, как следствие, не позволяет аппроксимировать полученные данные на аналогичные объекты, а также оценить достаточность проведенных исследований;
- предложить подходы к выбору контрольных точек проведения измерений в открытом пространстве, что связано со сложностью получения официальной информации о расположении подземных коммуникаций и определения их проекции на поверхность земли, высоте близлежащих зданий, а также с отсутствием аттестованных методик проведения измерений расстояний;
- конкретизировать требования к метрологическим характеристикам применяемых СИ для обеспечения основной допустимой погрешности, установленной постановлением Правительства Российской Федерации от 16.11.2020 № 1847 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений» и санитарными правилами и нормативами СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 «Гипогомагнитные поля в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях»;
- обосновать единые требования к обработке и оформлению полученных результатов измерений.

Структуру документа предполагается представить следующими разделами: общие положения и область применения, средства измерений и порядок их применения, подготовка к проведению измерений, проведение измерений, обработка и оформление результатов измерений, гигиеническая оценка уровня ослабления ГМП по результатам проведенных измерений и расчетов, приложение (алгоритм расчета расширенной неопределенности измерений, алгоритм расчета расширенной неопределенности средней величины, алгоритм расчета расширенной неопределенности расчетной величины, примеры расчетов с учетом основной и дополнительной приборной погрешности), библиографические ссылки (18 источников), справочная информация (применяемые в методических указаниях (далее — МУК) термины и определения). В документ включен перечень дополнительной информации, необходимой для оценки результатов исследования и которую необходимо включать в протоколы измерений, так как анализ протоколов измерений показал отсутствие в них характеристик объекта, выбранных для обследования помещений и прилегающей к объекту территории.

МУК устанавливают порядок проведения измерений интенсивности ГМП и расчета коэффициента ослабления ГМП в помещениях жилых и общественных зданий для оценки соответствия

санитарно-эпидемиологическим требованиям и гигиеническим нормативам, не распространяются на проведение измерений интенсивности ГМП на рабочих местах и могут применяться при осуществлении федерального государственного санитарно-эпидемиологического контроля (надзора); санитарно-эпидемиологических экспертиз, обследований, исследований, испытаний, оценок; приемке в эксплуатацию жилых и общественных зданий после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции; проведении других видов контроля соблюдения санитарно-эпидемиологических требований.

При выполнении измерений руководствуются требованиями, изложенными в МУК и эксплуатационной документации применяемого СИ утвержденного типа, имеющего действующую поверку и соответствующую проводимым исследованиям область применения. Измерения могут проводиться как с использованием СИ с датчиком ненаправленного приема (трехкомпонентным датчиком), так и с применением СИ с датчиком направленного приема (однокомпонентный датчик). Применяемые СИ должны обеспечивать получение результата измерений с заданной основной погрешностью измерений (пределы допускаемой основной погрешности измерений  $\pm 20\%$ ) в диапазоне определения, заявленном в области аккредитации Испытательного лабораторного центра / Испытательной лаборатории.

В документе предложены критерии выбора квартир/помещений при обследовании объекта на этапе ввода в эксплуатацию в зависимости от этажности здания и общего количества квартир в жилых многоквартирных зданиях и зданиях общежитий квартирного типа (в общественных зданиях и иных жилых зданиях — от общего количества помещений, для которых гигиеническими нормативами установлено значение коэффициента ослабления ГМП). Минимальный объем проводимых исследований может составлять от 5 % до 25 % от общего числа квартир/помещений. В малоэтажных зданиях в программу обследования объекта рекомендуется включать квартиры/помещения, расположенные на первом и последнем этажах, в средне- и многоэтажных зданиях — квартиры/помещения, расположенные на первом, среднем и верхнем этажах, в высотных зданиях — могут дополнительно включаться квартиры/помещения на других этажах. Если на обследуемом этаже полученные значения коэффициента ослабления ГМП превышают гигиенический норматив, то в число контролируемых рекомендуется включать все квартиры на данном этаже (в общественных зданиях — максимально возможное количество помещений постоянного пребывания людей), а также в число контролируемых включаются квартиры/помещения на близлежащих этажах до получения значений коэффициента ослабления ГМП на уровне или ниже нормативного. В общественных зданиях для обследования выбираются по возможности все типы помещений, имеющие различное функциональное назначение, для которых гигиеническими нормативами установлено значение коэффициента ослабления ГМП.

Измерения интенсивности ГМП в открытом пространстве, прилегающем к обследуемому объекту, предлагается проводить не менее чем в трех точках, при этом точки измерений должны располагаться на расстоянии не менее 10 м друг от друга на уровне 1,6 м ( $\pm 0,1$  м) от поверхности земли. Расстояние между точкой измерения и обследуемым зданием, а также между точкой измерения и близлежащими зданиями тоже должно составлять не менее 10 м. Результат измерений интенсивности ГМП в открытом пространстве принимается в качестве итогового, если разность между максимальным и минимальным значениями интенсивности ГМП в разных точках открытого пространства не превышает 15 % от полученного среднего значения, что позволит исключить из расчетов «промахи» — например, результаты, полученные в контрольных точках, расположенных над металлическими подземными коммуникациями. Измерения в помещениях представлены без изменений относительно действующих в настоящее время методических документов и проводятся с учетом площади помещения. Последовательно проводится не менее 4 измерений в каждой точке.

Гигиеническая оценка гипогеомагнитных условий в помещении (по коэффициенту ослабления ГМП) проводится с вычислением среднего арифметического значения результатов измерений, полученных во всех точках измерений в данном помещении, в открытом пространстве — с вычислением среднего арифметического значения результатов измерений, полученных во всех точках измерений. При этом коэффициент ослабления ГМП в помещении соответствует гигиеническим нормативам, если его расчетное значение с учетом расширенной неопределенности измерений не превышает нормативное значение. Для равномерного закона распределения принимается коэффициент охвата 1,645, при неизвестном законе распределения — 2 ( $N = 95\%$ ).

В работе представлены основные положения проекта методических указаний МУК «Гипогеомагнитное поле в жилых и общественных зданиях», позволяющие при предложенных объеме, условиях и порядке проведения исследований проводить оценку гипогеомагнитных условий на объекте на соответствие гигиеническим нормативам.

## Литература

1. Агаджанян, Н. А. Магнитное поле Земли и организм человека / Н. А. Агаджанян, И. И. Макарова // Экология человека. — 2005. — № 9. — С. 3–9.
2. Толстой, А. Д. Воздействие различных уровней напряженности геомагнитного поля Земли на организм человека / А. Д. Толстой, А. А. Водопьянова, А. Е. Юдов // Университет. наука. — 2022. — № 1(13). — С. 173–175.
3. Рябов, Ю. Г. Системный подход к оценке и обеспечению условий проживания и пребывания в помещениях зданий и на рабочих местах по фактору геомагнитного поля / Ю. Г. Рябов, Г. В. Ломаев, А. А. Репин // Технологии электромагнитной совместимости. — 2019. — № 1(68). — С. 52–60.
4. Гипомагнитные условия: способы моделирования и оценка воздействия / А. А. Артамонов, [и др.] // Профилактика. медицина. — 2019. — № 21(3). — С. 357–370.
5. Экранирование геомагнитного поля в многоэтажных жилых зданиях / А. М. Черных [и др.] // Экология человека. — 2010. — № 6. — С. 3–5.

Поступила 13.09.2023

## ВИНИЛАЦЕТАТ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОМ ДВУХСТАДИЙНОГО ТЕРМОДЕСОРБЦИОННОГО АНАЛИЗА В СОЧЕТАНИИ С ГАЗО-ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИЕЙ И ОПТИМИЗАЦИЕЙ С ПОМОЩЬЮ ТРЕХУРОВНЕВОГО ПЛАНА БОКСА — БЕНКЕНА

Лебединская К. С., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),  
Крымская Т. П., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),  
Капелько И. М., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),  
Чеботкова Д. В., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Винилацетат — бесцветная легковоспламеняющаяся жидкость со сладким эфирным запахом. Благодаря наличию двойных связей винилацетат является интермедиатом, используемым при производстве ряда полимеров промышленного органического синтеза: клеев, красок, пленок, текстиля и других конечных продуктов, связанных с жизнедеятельностью человека.

Пары винилацетата раздражают верхние дыхательные пути, слизистые оболочки и могут вызвать покраснение и опухоль на глазах [1]. Вследствие этого содержание винилацетата в воздушной среде регламентировано требованиями нормативных документов, в частности технического регламента Таможенного союза (далее — ТР ТС) 005/2011 «О безопасности упаковки», ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков», ТР ТС 008/2011 «О безопасности игрушек», ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности», и не должно превышать  $0,15 \text{ мг/м}^3$  в зависимости от вида изделий на основе винилацетата.

Воздушная среда представляет собой смесь летучих органических соединений, поэтому для селективного определения винилацетата требуется эффективный метод отбора проб воздуха и методика измерений в требуемом диапазоне (от  $0,07$  до  $0,30 \text{ мг/м}^3$ ). Известно, что газовая хроматография в сочетании с пламенно-ионизационным детектированием (далее — ГХ-ПИД) является эффективным инструментом для определения органического состава кислородсодержащих веществ.

Анализ летучих органических соединений в воздушной среде требует стадии предварительной концентрации. При определении остаточных концентраций винилацетата в воздушной среде широкое применение находит метод адсорбции летучего органического соединения на пористых твердых сорбентах, где стадия предварительного концентрирования сочетается со стадией отбора проб и термической десорбции анализируемого вещества с сорбентом с последующим газохроматографическим определением. Преимуществом двухстадийного термодесорбционного анализа является двойное концентрирование определяемого вещества: сначала на твердом сорбенте, затем в холодной фокусирующей ловушке. Этот метод характеризуется низкими пределами обнаружения.

Для установления оптимальных условий (параметров) термодесорбционного анализа применяли статистический метод экспериментального проектирования — трехуровневый план Бокса —

Бенкена. Это эффективная и систематизированная методология, которая ускоряет процесс разработки аналитических методов, повышает продуктивность исследований за счет уменьшения числа проведенных экспериментов. При таком подходе оцениваются основные эффекты переменных параметров и их взаимодействия с откликом системы [2].

Цель работы — разработка метода термодесорбционного анализа совместно с ГХ-ПВД для определения винилацетата, выделяемого в воздушную среду, с использованием статистического плана оптимизации Бокса — Бенкена.

Испытания проводились с использованием газового хроматографа Кристалл 5000.2 (ЗАО СКБ «Хроматэк», Россия), оснащенного двумя ПВД и двухстадийным термодесорбером ТДС-1 (ЗАО СКБ «Хроматэк», Россия). Для хроматографического разделения винилацетата использовали две капиллярные колонки ZB-Wax (длиной 60 м, внутренним диаметром 0,53 мм, со слоем неподвижной жидкой фазы карбовакс 20 М толщиной 1,0 мкм) и DB-624 (длиной 60 м, внутренним диаметром 0,53 мм, со слоем неподвижной жидкой фазы из 6%-го цианопропил-фенила и 94%-го диметилполисилоксана толщиной 3,0 мкм), установленные параллельно при помощи Y-коннектора. В качестве газа-носителя использовали азот. Температуры инжектора и детектора были установлены на уровне 220 °С и 250 °С соответственно. Программирование температурного режима термостата: 45 °С (7 мин), 5 °С/мин до 135 °С, 20 °С/мин до 220 °С (7 мин). Для концентрирования винилацетата использовали металлические сорбционные трехсекционные трубки на основе сорбентов Tenax® GR (35/60 меш), Carborack™ В (60/80 меш) и Carbosieve® S-III (60/80 меш) (ЗАО СКБ «Хроматэк», Россия). Перед проведением анализа сорбционные трубки подвергались кондиционированию для удаления примесей с сорбента.

Для выявления зависимости величины аналитического сигнала (площади хроматографического пика) от изменения параметров термодесорбционного анализа готовили раствор винилацетата концентрацией 1,25 мг/см<sup>3</sup> в этиловом спирте. Приготовленный раствор вносили на сорбент сорбционной трубки. Образцы сорбционных трубок с винилацетатом десорбировали путем нагревания в десорбционной печи, поток газа переносил десорбированные вещества в холодную ловушку. Температура ловушки ниже комнатной создавалась охлаждением элементов Пельтье. Затем холодную ловушку быстро нагревали для последующего ввода образца в хроматографическую колонку.

*Оптимизация термодесорбционного анализа.* Хемометрический подход в аналитической химии предполагает использование статистических методов для конструирования оптимальных измерительных процедур и для получения достоверной информации из экспериментальных данных. Преимущество — сокращение количества лабораторных исследований. Трехуровневый план Бокса — Бенкена — это один из экспериментальных планов методологии поверхности отклика, используемый при проведении исследований и разработке методов.

Основной целью оптимизации условий термодесорбционного анализа являлось достижение максимально полного извлечения винилацетата с сорбента.

При выборе переменных параметров (факторов) и диапазона их значений исходили из рекомендаций источников по работе с оборудованием, серии стандартов ISO 16000 и опыта лаборатории при проведении термодесорбционного анализа. Планирование эксперимента предполагало варьирование каждого фактора на трех уровнях.

Данные подвергнуты статистическому анализу и обработаны с помощью программы Design-Expert версии 11.0, Stat-Ease.

В качестве независимых переменных параметров выбраны время десорбции, мин (А), температура десорбции, °С (В), и скорость нагрева ловушки, °С/мин (С). Зависимой переменной (откликом) являлась площадь пика винилацетата, мВ × с. Диапазоны для каждого значения переменных: 6–8–10 мин для А; 250–275–300 °С для В; 500–1500–2000 °С/мин для С.

При использовании плана Бокса — Бенкена со стандартным набором из 3 закодированных переменных и 3 уровней матрица эксперимента состояла из 17 испытаний (таблица 1).

Таблица 1 — Матрица эксперимента

№	Время десорбции, мин	Температура десорбции, °С	Скорость нагрева ловушки, °С/мин	Площадь хроматографического пика, мВ × с
1	8 (0)	275 (0)	1500 (0)	3163,16
2	8 (0)	275 (0)	1500 (0)	3202,85
3	6 (-1)	250 (-1)	1500 (0)	3002,13
4	8 (0)	275 (0)	1500 (0)	3229,06

№	Время десорбции, мин	Температура десорбции, °С	Скорость нагрева ловушки, °С/мин	Площадь хроматографического пика, мВ × с
5	10 (+1)	275 (0)	2000 (+1)	3012,86
6	10 (+1)	275 (0)	500 (-1)	4357,77
7	10 (+1)	250 (-1)	1500 (0)	3065,68
8	6 (-1)	275 (0)	2000 (0)	2901,62
9	8 (0)	300 (+1)	2000 (+1)	2929,70
10	8 (0)	250 (-1)	500 (-1)	4334,89
11	8 (0)	275 (0)	1500 (0)	3100,14
12	6 (-1)	275 (0)	500 (-1)	4317,47
13	8 (0)	300 (+1)	500 (-1)	4334,18
14	8 (0)	275 (0)	1500 (0)	3055,94
15	6 (-1)	300 (+1)	1500 (0)	2976,16
16	8 (0)	250 (-1)	2000 (+1)	2888,66
17	10 (+1)	300 (+1)	1500 (0)	3133,78

Результаты проанализированы с помощью множественного регрессионного анализа с использованием программного обеспечения Design Expert и дополнительного дисперсионного анализа ANOVA. Исследуемая выборка данных отклика является корректной, так как при первичной проверке на наличие простых ошибок явных выбросов обнаружено не было (таблицы 1 и 2). В данном случае F-критерий = 184,6, уровень значимости ( $p < 0,0001$ ) существенно меньше критического 0,050. Следовательно, модель статистически значима в целом.

Результаты дисперсионного анализа ANOVA, представленные в таблице 2, указывали на то, что скорость нагрева ловушки являлась коррелирующим параметром ( $p < 0,0001$ ) на площадь хроматографического пика, что наглядно отображено на графике влияния переменных параметров на отклик (рисунок 1).

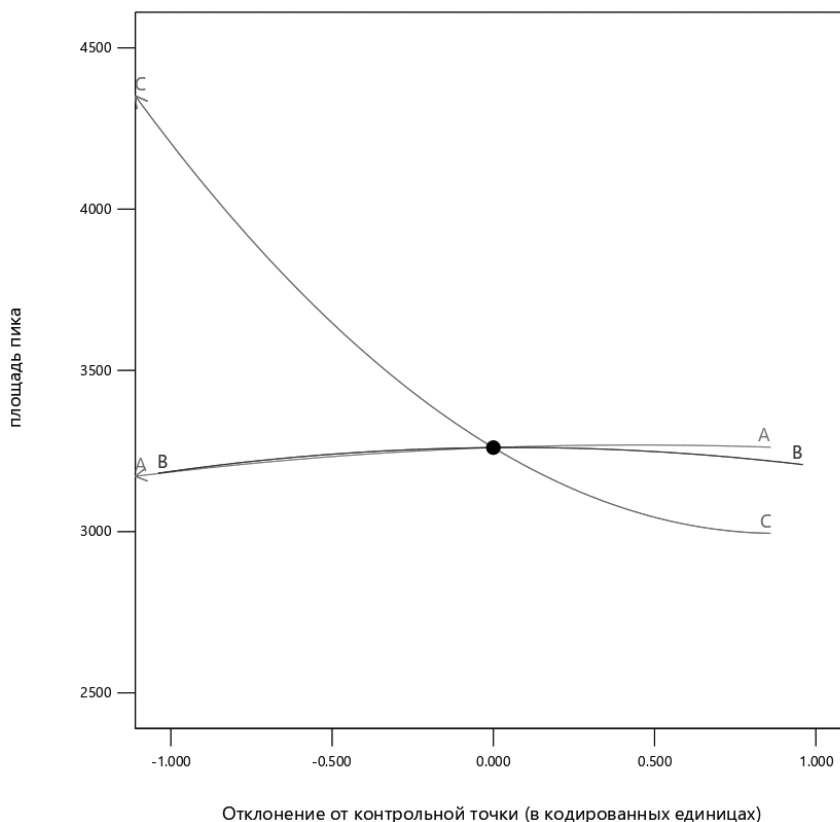


Рисунок 1 – График влияния переменных параметров на отклик

Таблица 2 — Дисперсионный анализ ANOVA

Параметры	F-критерий	p-критерий
Модель	184,60	< 0,0001 → модель значима
A — время десорбции	4,58	0,0697
B — температура десорбции	0,1822	0,6823
C — скорость нагрева	1262,22	< 0,0001
AB	0,7093	0,4275
AC	0,5174	0,4952
BC	0,1343	0,7248
A <sup>2</sup>	2,17	0,1840
B <sup>2</sup>	5,83	0,0465
C <sup>2</sup>	117,50	< 0,0001

Для визуального представления корреляции величины отклика от изменения параметров использовали 3D-графики поверхности отклика (рисунок 2).

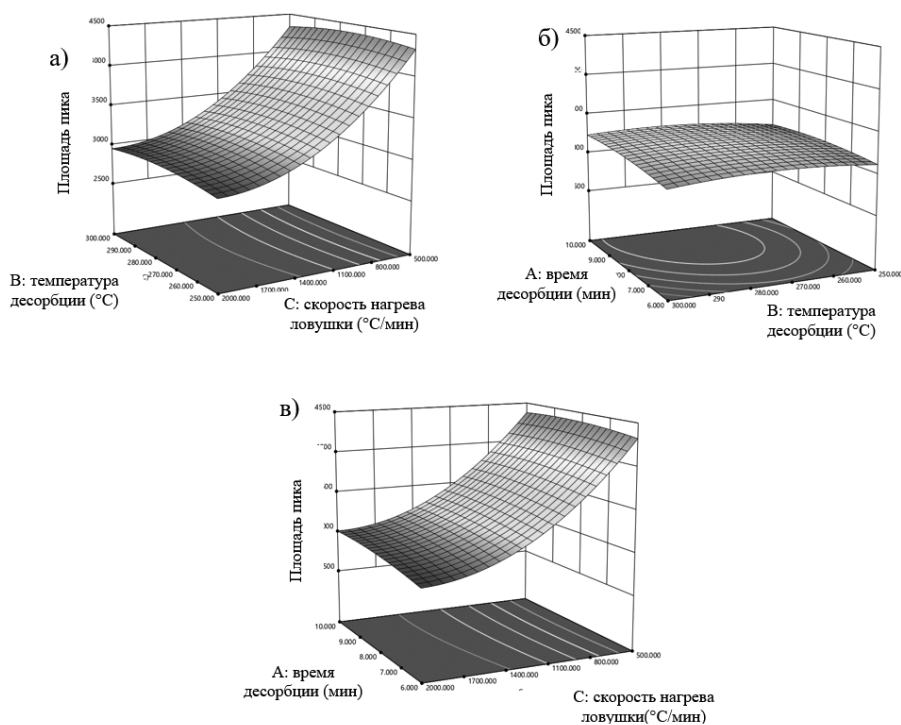


Рисунок 2 — 3D-графики зависимости площади хроматографического пика винилацетата от: (а) скорости нагрева ловушки и температуры десорбции, (б) температуры десорбции и времени десорбции, (в) скорости нагрева ловушки и времени десорбции

Анализ поверхностей отклика показывает, что сочетание факторов времени и температуры десорбции (рисунок 2б) не дает каких-либо значимых изменений на величину площади пика. Заметное влияние на величину отклика оказывает скорость нагрева ловушки. Площадь хроматографического пика при уменьшении скорости нагрева ловушки стремилась к максимуму (рисунок 2а, 2в), вне зависимости от температуры и времени десорбции. Увеличение площади пика с уменьшением скорости нагрева ловушки необходимо для достижения оптимальной величины аналитического сигнала для улучшения чувствительности методики.

Решения, прогнозируемые программой, предполагают оптимальное время десорбции 8 мин, при температуре десорбции 300 °С и скорости нагрева ловушки 500 °С/мин. Для проведения анализа температура десорбции должна удовлетворять требованиям, относящимся к сорбентам. Максимально рабочая температура для сорбента Tenax GR составляет 300 °С, следовательно, для поточных анализов



и для предотвращения разложения и износа сорбента рекомендуется устанавливать температуру десорбции на 20–30 °С меньше.

Таким образом, с помощью программного обеспечения Design-Expert и плана Бокса — Бенкена проведен статистический анализ. Установлена квадратическая модель взаимосвязи между величиной аналитического сигнала ( $mV \times c$ ) и независимыми переменными в виде графиков поверхности отклика, что позволило подобрать оптимальные условия термодесорбционного анализа: время десорбции — 8 мин, температура десорбции — 250 °С при скорости нагрева ловушки 500 °С/мин. Процент извлечения винилацетата с сорбента составил 94,6%, предел количественного определения  $x_{LQ}$  с учетом воздуха, отобранного для анализа, составил 0,032 мг/м<sup>3</sup> (при отборе 2,5 дм<sup>3</sup> воздуха). В результате проведенных исследований и использования статистического плана оптимизации Бокса — Бенкена разработан метод термодесорбционного анализа совместно с ГХ-ПВД для определения винилацетата, выделяемого в воздушную среду. Метод позволяет определять винилацетат в воздушной среде в диапазоне от 0,07 до 0,30 мг/м<sup>3</sup>.

## Литература

1. Albertini, R. J. Vinyl acetate monomer (VAM) genotoxicity profile: relevance for carcinogenicity / R. J. Albertini // Crit. Rev. Toxicol. — 2013. — Vol. 43, № 8. — С. 671–706.

2. Анисимов, П. Н. Об использовании методики планирования эксперимента в соответствии с трехуровневыми планами Бокса — Бенкена / П. Н. Анисимов // Вестн. магистратуры. — 2017. — № 2–2(65). — С. 29–31.

Поступила 10.10.2023

## СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В НЕКОТОРЫХ ВИДАХ ДИКОРАСТУЩИХ ГРИБОВ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

<sup>1</sup>Лескова О. А., к. б. н., доцент, [leskova-olga@inbox.ru](mailto:leskova-olga@inbox.ru),

<sup>1</sup>Бондаревич Е. А., к. б. н., доцент, [ev.bond123@gmail.com](mailto:ev.bond123@gmail.com),

<sup>1</sup>Коцюржинская Н. Н., к. б. н., доцент, [kotsyurzhinskaya@inbox.ru](mailto:kotsyurzhinskaya@inbox.ru),

<sup>2</sup>Лесков А. П., к. б. н., доцент, [leskov-artem80@inbox.ru](mailto:leskov-artem80@inbox.ru)

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Чита, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Забайкальский государственный университет», г. Чита, Россия

Большинство видов съедобных грибов считаются богатыми источниками микро- и макроэлементов. Известно, что грибы накапливают достаточное количество калия, магния, фосфора, железа, марганца, меди. На процессы аккумуляции химических элементов влияет множество факторов: источники, количество и формы поступающих элементов; присутствие тяжелых металлов на предыдущем трофическом уровне; видовая принадлежность изучаемого организма-накопителя; природные условия и другие. Необходимо отметить, что для некоторых микроэлементов разработаны значения предельно допустимых концентраций (далее — ПДК), что свидетельствует о возможном токсичном действии химического элемента при условии его нерегламентированного поступления в живой организм.

Целью исследования являлось изучение содержания химических элементов (хрома (далее — Cr), марганца (далее — Mn), железа (далее — Fe), меди (далее — Cu), цинка (далее — Zn), никеля (далее — Ni)) в почве и некоторых съедобных дикорастущих грибах, произрастающих на территории Забайкальского края.

Объектами исследования служили слой почвы (10 см) и 4 вида съедобных грибов: волнушка розовая (*Lactarius torminosus*), груздь настоящий (*Lactarius resimus*), сыроежка (род *Russula Pers*), рыжик настоящий (*Lactarius deliciosus (L.) Gray*) [1]. Для исследования взято не менее 5 образцов каждого вида и не менее двух проб почвы с шести участков исследуемого региона. Определение содержания химических элементов в почве и грибах выполнено методом рентгенофлуоресцентного анализа на спектрометре S2 Picofox (Bruker, Nano, Germany). Расчет содержания химических элементов проводился на сухую массу [5].

По результатам проведенных испытаний установлено, что все исследованные виды грибов содержат определяемые химические элементы в различной концентрации (таблица 1). Наибольшее содержание железа зафиксировано в *Russula* — 320,6 мг/кг, наименьшее в *Lactarius torminosus* — 91,4 мг/кг. Следует отметить, что в разных экземплярах грибов *Russula* наблюдаются значительные колебания содержания данного элемента: минимальное — 53,7 мг/кг, а максимальное — 1329,6 мг/кг. В других исследуемых видах грибов таких резких различий не отмечено.

Таблица 1 — Содержание микроэлементов в съедобных дикорастущих грибах (Забайкальский край), мг/кг

Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn
<i>Lactarius torminosus</i>					
1,2 ± 0,6	12,8 ± 3,7	91,4 ± 20,9	0,2 ± 0,1	7,1 ± 0,6	82,5 ± 9,8
<i>Russula</i>					
2,5 ± 0,8	34,8 ± 8,8	320,6 ± 169,8	0,5 ± 0,1	20 ± 4,1	64,2 ± 7,2
<i>Lactarius deliciosus</i>					
2,3 ± 0,6	11,9 ± 2,4	101,2 ± 27,8	0,3 ± 0,2	12,1 ± 3,5	77,7 ± 12,2
<i>Lactarius resimus</i>					
2,8 ± 0,9	17,4 ± 3,5	117,9 ± 26,3	0,4 ± 0,1	12,68 ± 4,2	35,2 ± 4,7
ПДК [2]					
0,2	—	—	0,5	10	20
Почва (валовое содержание)					
2,9 ± 0,2	606 ± 20	2455 ± 120	7,5 ± 0,2	3,6 ± 0,2	53 ± 9

На втором месте по содержанию находится цинк. Наибольшее количество его зафиксировано в *Lactarius torminosus* — 82,5 мг/кг и *Lactarius deliciosus* — 77,7 мг/кг. *Lactarius torminosus* отличается способностью накапливать цинк в большом количестве. Наименьшее содержание исследуемого элемента зафиксировано в *Lactarius resimus* — 35,9 мг/кг (во всех исследуемых образцах). По мнению ряда авторов, данный элемент наименее токсичный, однако его количество регламентировано и составляет 20 мг/кг. Необходимо отметить, что по результатам проведенного исследования не обнаружено превышение ПДК по данному элементу (в пересчете на сырую массу).

Содержание марганца в исследуемых съедобных грибах колеблется в пределах 12–35 мг/кг. Максимальное количество элемента зафиксировано для *Russula* — 34,8 мг/кг. При определении содержания меди в плодовых телах грибов обнаружено, что средние значения различаются незначительно; максимальное количество зафиксировано в *Russula* — 26,3 мг/кг, минимальное в *Lactarius torminosus* — 7,1 мг/кг. Аналогичные результаты были получены нами ранее [3, 4]. Превышение ПДК по данному элементу (при пересчете на сырую массу) не зафиксировано. Известно, что хром является эссенциальным микроэлементом и его содержание в грибах колеблется в небольших пределах. В исследуемых объектах установлены достаточно высокие концентрации хрома, что характерно для изучаемого региона. Максимальные значения обнаружены для *Russula* — 2,5 мг/кг, минимальные для *Lactarius torminosus* — 1,2 мг/кг. Можно отметить высокое содержание хрома в почве и плодовых телах грибов, что, возможно, связано с отсутствием барьерных механизмов поглощения и перемещения данного элемента. Содержание никеля в исследуемых видах грибов незначительно, хотя концентрация элемента в почве достаточно высокая. Превышение ПДК по данному элементу не зафиксировано.

В целом распределение грибов по суммарному содержанию микроэлементов выглядит следующим образом: *Russula* (449,1 мг/кг сухого вещества) > *Lactarius deliciosus* (205,5) > *Lactarius torminosus* (195,5) ≈ *Lactarius resimus* (187,2).

Для сравнения степени накопления микроэлементов плодовыми телами грибов исследуемых видов рассчитаны коэффициенты биологического поглощения (КБП =  $C_{\text{грибы}} / C_{\text{почва}}$ ) (рисунок 1).

При расчете коэффициента обнаружено, что исследованные виды грибов являются накопителями меди, что, вероятно, связано с особенностями синтеза биополимеров, способных связывать микроэлемент. По отношению к железу и марганцу грибы являются деконцентраторами.

Таким образом, среди изученных микроэлементов в плодовых телах исследуемых видов грибов максимальные количества отмечены для железа и цинка. Зафиксировано наибольшее суммарное содержание микроэлементов в плодовых телах *Russula*. Превышение предельно допустимых

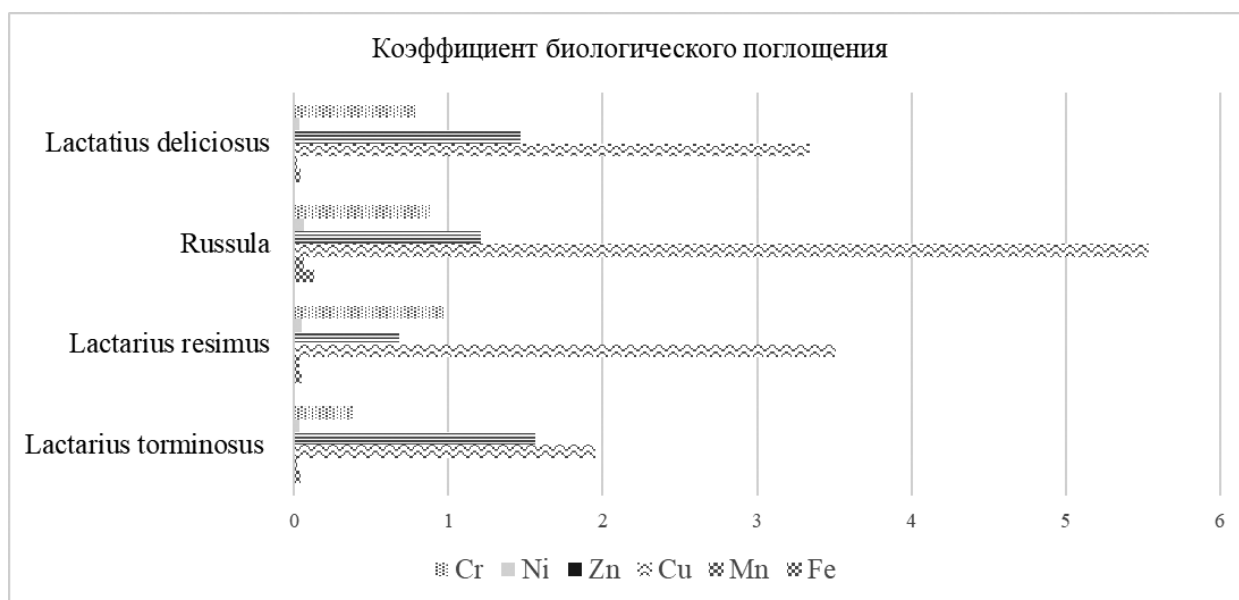


Рисунок 1 — Коэффициент биологического поглощения

концентраций для изучаемых микроэлементов не установлено. Предполагается видовая специфичность к накоплению цинка *Lactarius torminosus*. Исследованные виды грибов являются макроконцентраторами меди.

### Литература

1. Васильков, Б. В. Съедобные и ядовитые грибы средней полосы европейской части России: определитель / Б. В. Васильков. — СПб.: Наука, 1995. — 162 с.
2. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. — М.: Изд-во стандартов, 1990. — 185 с.
3. Содержание микроэлементов в некоторых видах дикорастущих грибов (Забайкальский край) / О. А. Лескова [и др.] // Социально-экол. технологии. — 2021. — Т. 11, № 3. — С. 297–310.
4. Содержание некоторых микроэлементов в плодовых телах базидиомицет Восточного Забайкалья / Е. А. Бондаревич [и др.] // Изв. ВУЗОВ. Прикладная химия и биотехнология. — 2019. — Т. 9, № 1. — С. 75–80.
5. Hammer, Ø. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis [Electronic resource] / Ø. Hammer, D. A. T. Harper, P. D. Ryan // Palaeontologia Electronica. — 2001. — Vol. 4, № 1. — Mode of access: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm). — Date of access: 11.09.2023.

Поступила 15.09.2023

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СЕЛЕНА В ЯЙЦАХ МЕТОДОМ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ

Плешкова А. А., [spectrometric@rspch.by](mailto:spectrometric@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь.

Селен — один из наиболее важных микроэлементов для человека. В организме селен стимулирует обмен веществ, выполняет многочисленные защитные функции, усиливает иммунную защиту организма, поддерживает гомеостаз. Селен является антагонистом ртути и мышьяка, способен защитить организм от кадмия, свинца, таллия [1].

Почвы Республики Беларусь содержат недостаточную концентрацию селена, следовательно, с пищей в организм человека поступает недостаточное количество данного микроэлемента, что может негативно повлиять на состояние здоровья. Натуральный органический селен, содержащийся в пищевых продуктах, усваивается организмом человека лучше, поскольку для него характерна высокая биодоступность — до 98 %. Одним из продуктов, способствующих профилактике дефицита селена в организме человека, являются куриные и перепелиные яйца. Селен добавляется в воду для выпаивания птиц, а также в крупку для кормления. После двух недель регулярного употребления обогащенной селеном воды и пищи в организме домашних птиц задерживается достаточное количество данного микроэлемента. Таким образом, в самом яйце содержание селена вырастает в 2,4–2,5 раза. Обогащение яиц данным элементом повышает их устойчивость к внутренним окислительным процессам при хранении [2].

Однако селен и все его соединения в определенных концентрациях могут быть вредными для здоровья человека. Причинами повышения уровня селена в организме становятся избыточное поступление при применении различных биологически активных добавок, содержащих данный микроэлемент, а также нарушение обмена веществ. Избыточное поступление селена может привести к выпадению волос, отслоению ногтей и расстройству желудочно-кишечного тракта. Данные симптомы возникают при употреблении селена в дозе более 1 мг в сутки. Токсическая доза для человека составляет 5 мг, данные о летальной дозе отсутствуют [3].

В настоящее время содержание селена анализируют с помощью атомно-абсорбционного, нейтронно-активационного, фотометрического, флуориметрического и других методов. Каждый из методов имеет свои ограничения, связанные в основном с нижним пределом обнаружения селена, используемой аналитической аппаратурой, селективностью, стоимостью аппаратного оформления и выполняемых анализов.

Для контроля за содержанием селена в яйцах необходима высокочувствительная методика.

Для минерализации образцов пищевой продукции существуют различные способы пробоподготовки. При этом разложение образцов можно проводить как в открытых, так и в замкнутых системах. Широкое применение в настоящее время получил способ микроволновой минерализации, однако при измерении селена в яйцах необходимо учитывать факт того, что содержание селена в данном виде пищевой продукции крайне мало, а ограничение навески в большинстве микроволновых минерализаторов не превышает 1 г, что не позволяет обеспечить содержание селена в минерализате выше предела обнаружения. Таким образом, было принято решение для определения селена в яйцах применять автоклавную пробоподготовку, позволяющую использовать навеску образцов до 2,5 г.

Цель данной работы — разработать методику определения селена в яйце на основе атомно-эмиссионного метода с индуктивно-связанной плазмой (далее — ICP-OES). Метод определения содержания селена в яйцах с помощью ICP-OES основан на измерении атомной эмиссии этого элемента после автоклавной минерализации образцов в среде концентрированной азотной кислоты и перекиси водорода.

Для проведения элементного анализа из 10 яиц отбирают не менее 3 штук, извлекают желток с белком, смешивают и гомогенизируют до получения однородной массы. Навеску пробы в количестве 2,0–2,5 г взвешивают на аналитических весах в реакционных фторопластовых сосудах, предназначенных для минерализации образцов в аналитических автоклавах.

В реакционные фторопластовые сосуды вносят 8 см<sup>3</sup> концентрированной азотной кислоты и 2 см<sup>3</sup> перекиси водорода с концентрацией 30 %, закрывают крышками и оставляют при комнатной температуре не менее 3–4 ч либо на ночь. Затем сосуды герметизируют в металлическом корпусе автоклава. Автоклав помещают в холодный термостат, устанавливая на пульте управления автоклава температуру первой стадии нагрева 160 °С, нагревают автоклав до достижения необходимой температуры и выдерживают при данной температуре 1 ч. Время выдержки на первой стадии нагрева не включает в себя время выхода на стационарный режим, а отсчитывается с момента достижения заданной температуры, о чем свидетельствует установка стрелки индикатора на нулевую отметку. Затем увеличивают температуру до 180 °С и выдерживают еще 2 ч.

По окончании минерализации с помощью приспособления для переноса извлекают автоклавы из термостата, помещают в устройство для охлаждения, охлаждают до комнатной температуры и открывают в вытяжном шкафу.

Содержимое сосудов количественно переносят в мерные колбы объемом 25 см<sup>3</sup> и разбавляют до метки деионизованной водой. Измерение содержания селена в яйцах пищевых проводят на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой, оснащенном ультразвуковым распылителем.

Минерализованные пробы распыляются в плазменную горелку, где происходит атомизация элемента с помощью высокочастотной индуктивно-связанной плазмы. Спектры эмиссии регистрируются с помощью дифракционной решетки, и интенсивность линий контролируется детекторами. Сигналы, поступающие от детекторов, обрабатываются с помощью компьютерной системы. Техника коррекции фона используется для компенсации фоновых составляющих при определении элемента. Технические характеристики используемого атомно-эмиссионного спектрометра и ультразвукового распылителя представлены ниже.

Атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой:

- тип горелки: вертикальная;
- схема наблюдения плазмы: радиальная;
- скорость потока газа плазмы: 12 дм<sup>3</sup>/мин;
- скорость потока газа в оболочке: 0,2 дм<sup>3</sup>/мин;
- тип распылительной камеры: циклоническая;
- количество повторных измерений: 2;
- используемый газ: аргон.

Ультразвуковой распылитель:

- интенсивность поглощения образца: 0,5–2,5 см<sup>3</sup>/мин;
- распылитель потока газа: 0,5–1,5 дм<sup>3</sup>/мин;
- температура десольватации (нагрев): 120–160 °С (заводская установка 140 °С);
- температура десольватации (охлаждение): минус 20–10 °С (заводская установка 3 °С);
- длина волны детекции: 196,026; 196,090 нм.

Содержание селена в исследуемых образцах автоматически рассчитывается с помощью программного обеспечения прибора или пересчитывается вручную на конечное содержание следующим образом:

$$X = \frac{(X_{\text{обр}} - X_{\text{хол}}) \times V_{\text{р-ра}}}{M_{\text{обр}}}, \quad (1)$$

- где X — массовая концентрация элемента в образце, мг/кг;  
 X<sub>обр</sub> — массовая концентрация элемента в образце, мг/дм<sup>3</sup>;  
 X<sub>хол</sub> — массовая концентрация элемента в холостом образце, мг/дм<sup>3</sup>;  
 V<sub>р-ра</sub> — объем раствора минерализата, см<sup>3</sup>;  
 M<sub>обр</sub> — масса навески образца, г.

За окончательный результат измерения принимаем среднее арифметическое значение результатов 2 параллельных определений.

Относительные значения показателей прецизионности (предел повторяемости, предел промежуточной прецизионности, расширенной стандартной неопределенности при доверительной вероятности  $P = 0,95$ ) представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Относительные значения показателей повторяемости, промежуточной прецизионности, пределов повторяемости и промежуточной прецизионности, расширенной стандартной неопределенности определения селена при доверительной вероятности  $P = 0,95$

Элемент	Диапазон измерений, мг/кг	Предел повторяемости $r$ , %	Предел промежуточной прецизионности $r_l(TO)$ , %	Расширенная стандартная неопределенность измерения $U$ , %, $k = 2$
Селен	0,1–1,0	23,8	26,2	36,6

Таким образом, разработана методика определения селена в яйцах, характеризующаяся высокой чувствительностью (0,1 мг/кг) и метрологическими характеристиками (пределом повторяемости, промежуточной прецизионностью, расширенной неопределенностью).

## Литература

1. Ермаков, В. В. Биологическое значение селена / В. В. Ермаков, В. В. Ковальский. — М. : Наука, 1974. — 298 с.
2. Куцевич, М. Д. Гигиеническая оценка содержания селена в куриных яйцах [Электронный ресурс] / М. Д. Куцевич, Е. В. Синкевич // Междунар. студ. науч. вестн. — 2021. — № 6. — Режим доступа: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20753>. — Дата доступа: 21.09.2023.

## **РАЗРАБОТКА УСЛОВИЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО АНАЛИЗА И ПОДГОТОВКИ ПРОБ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ И КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСЕРВАНТОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ ЭФИРОВ ПАРА-ГИДРОКСИБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ (ПАРАБЕНОВ), В ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ МЕТОДОМ ВЭЖХ-ДМД**

*Полянских Е. И., к. х. н., [alena.ip@mail.ru](mailto:alena.ip@mail.ru),  
Фёдорова Т. А., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by),  
Бельшева Л. Л., [lbelysheva@gmail.com](mailto:lbelysheva@gmail.com),  
Андриевская Е. В., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by),  
Филатченкова Е. В., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by),  
Петрова С. Ю., к. м. н., [rspch@rspch.by](mailto:rspch@rspch.by)*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

В современном производстве пищевых продуктов, парфюмерно-косметических средств широко применяются консерванты и антимикробные вещества, в том числе эфиры пара-гидроксибензойной кислоты (парабены) [1]. Основным преимуществом парабенов в сравнении с иными консервирующими агентами, такими как бензойная, салициловая, сорбиновая кислоты, является независимость степени консервирующего действия от величины рН продукта, в котором они используются. Вместе с тем данные исследований показывают, что парабены могут оказывать цитотоксический и канцерогенный эффект на ткани организма человека [1]. При накоплении в организме парабены могут влиять на гормональное равновесие и увеличивать риск возникновения онкологических заболеваний. Особенно акцентируется эта опасность после того, как данные соединения были обнаружены в высокой концентрации в раковых опухолях молочной железы [2]. Из-за риска возможного неблагоприятного воздействия парабенов на организм человека их содержание в потребительских товарах, в том числе пищевой продукции, строго регулируется во всем мире.

В соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» (далее — ТР ТС 029/2012) [3] к парабенам, разрешенным для использования в пищевой продукции, относятся: пара-гидроксибензойной кислоты метиловый эфир (E218), пара-оксибензойной кислоты метилового эфира натриевая соль (E219), пара-гидроксибензойной кислоты этиловый эфир (E214), пара-оксибензойной кислоты этилового эфира натриевая соль (E215).

Согласно ТР ТС 029/2012 (приложение 8), парабены (пищевые добавки E214, E215, E218, E219) допускаются к применению в следующей пищевой продукции: желе, покрывающее мясные продукты, паштеты, сухие завтраки на основе злаковых и картофеля, покрытые орехами, сахаристые кондитерские изделия, конфеты, шоколад с начинкой, вяленые мясные продукты (поверхностная обработка). Максимально допустимый уровень содержания парабенов в пересчете на бензойную кислоту в желе, покрывающем мясные продукты, паштетах составляет 1 г/кг, сухих завтраках на основе злаковых и картофеля, покрытых орехами, в сахаристых кондитерских изделиях: конфетах, шоколаде с начинкой составляет 300 мг/кг, в вяленой мясной продукции (поверхностная обработка) применяются в соответствии с технической документацией [3].

В соответствии с Регламентом (ЕС) № 1333-2008 максимально допустимый уровень содержания пищевых добавок — E214, E215, E218, E219 — в пересчете на бензойную кислоту [4] составляет: в обработанных орехах, декоративных покрытиях и начинке, кроме фруктовых начинок, кондитерских изделий, готовых закусок на основе хлопьев, картофеля, муки и крахмала — в количестве 300 мг/кг, желейных покрытиях для мясной продукции — 1000 мг/кг, в пищевых добавках, включая носители в ферментах, — не более 2000 мг/кг.

Следует отметить, что сводом пищевых международных стандартов (Кодекс Алиментариус), принятых Международной комиссией ФАО/ВОЗ, метилпарабен и этилпарабен разрешено использовать

при производстве более широкого круга пищевых продуктов, включая сыры, разнообразные соусы, кондитерские изделия, жевательные резинки и др., при этом их максимальное содержание может достигать 1500 мг/кг (жевательная резинка) [5].

Вместе с тем отсутствие метрологически аттестованной методики определения консервантов (эфиров пара-гидроксибензойной кислоты) для применения аккредитованными лабораториями Республики Беларусь не позволяет контролировать содержание этих веществ в пищевой продукции, поступающей на рынок республики.

Исходя из вышеизложенного, целью исследования явилась разработка методики определения парабенов (разрешенных к применению, а также запрещенных к применению при производстве пищевой продукции) в пищевой продукции методом высокоэффективной жидкостной хроматографии и ее метрологическая аттестация.

Одной из задач исследований стала разработка условий хроматографирования, позволяющих достичь максимального отклика аналитов и их разделения на обращеннофазной хроматографической колонке в присутствии сорбиновой, бензойной и салициловой кислот. Это обусловлено тем, что данные кислоты являются широко используемыми консервантами, имеют схожую структуру и спектральные характеристики и могут оказывать интерферирующее влияние на детекцию парабенов.

В связи с этим объектами исследования явились пара-гидроксибензойная кислота и ее сложные эфиры (метилпарабен, этилпарабен, пропилпарабен, изопропилпарабен, бутилпарабен, изобутилпарабен, бензилпарабен), а также сорбиновая, бензойная и салициловая кислоты, которые имеют схожее строение и широко используются в качестве консервантов.

Для определения специфичности методики определения пара-гидроксибензойной кислоты и ее эфиров изучены их спектральные характеристики, определены длины волн, при которых данные соединения имеют максимумы абсорбции. Также изучены спектральные характеристики сорбиновой, бензойной и салициловой кислот, имеющие схожую с парабенами структуру и широко используемые в качестве консервантов. Спектры абсорбции указанных соединений представлены на рисунке 1.

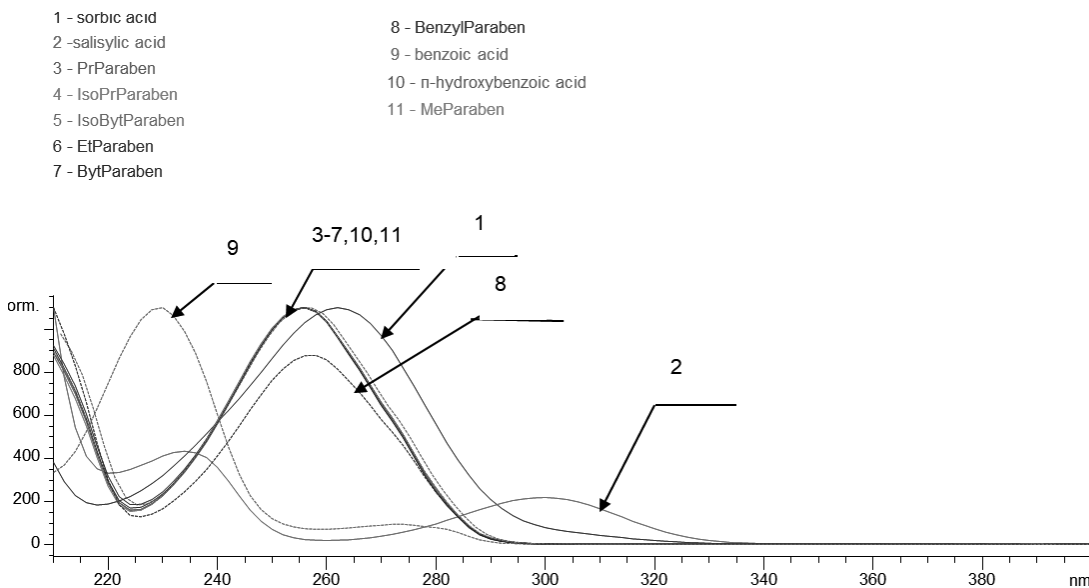


Рисунок 1 – Спектры абсорбции бензойной кислоты (9), сорбиновой кислоты (1), салициловой кислоты (2), бензилпарабена (8), п-гидроксибензойной кислоты (10) и ее эфиров (3–7, 11)

Установлено, что оптимальная длина волны детектирования для парабенов, 4-гидроксибензойной и сорбиновой кислот составляет 254 нм. Бензойная кислота имеет максимум поглощения при 226 нм, а салициловая — при 235 нм. Для количественного определения данных кислот детектирование следует проводить при 235 нм.

Оптимальное разделение парабенов достигнуто при использовании обращеннофазной хроматографической колонки Zorbax Eclipse XDB Phenil. Алкильная фаза данного типа колонок эндкепирована фенильными группами. К гидрофобному взаимодействию между молекулами аналита и адсорбентом добавляется межмолекулярное взаимодействие, связанное с образованием лабильных адсорбционных комплексов с переносом заряда π-π типа за счет π-взаимодействия между фенильной группой стационарной фазы и ароматическим кольцом, входящим в состав молекул парабенов.

Также изучено влияние состава и pH подвижной фазы на удерживание консервантов. Использовали: ацетатный буферный раствор с pH 2,2; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5 (0,05 М раствор ацетата аммония, pH регулировали с помощью раствора уксусной кислоты); фосфатный буферный раствор с pH 2,2; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5 (0,05 М раствор калия фосфорнокислого однозамещенного, pH регулировали с помощью раствора фосфорной кислоты).

Установлено, что изменение pH подвижной фазы не оказывает влияния на удерживание пара-бензов, так как данные соединения в указанном диапазоне pH находятся в молекулярной форме ( $pK > 8$ ) и хорошо удерживаются на неполярной стационарной фазе колонки. Напротив, изменение pH буферного раствора оказывает значительное влияние на удерживание пара-гидроксibenзойной, бензойной, салициловой и сорбиновой кислот (pH этих соединений от 2,9 (салициловая кислота) до 4,8 (бензойная кислота)), и при  $pH > 3$  они частично или полностью депротонируются и, соответственно, удерживание их ухудшается. Таким образом, установлено, что оптимальное разделение анализов достигается при pH буферного раствора 2,2–2,3. При этом предпочтительнее использовать фосфатный буферный раствор, так как при использовании ацетатного буферного раствора наблюдается дрейф базовой линии.

В результате проведенных исследований разработаны условия инструментального анализа, обеспечивающие оптимальные разделения пара-гидроксibenзойной кислоты и ее эфиров на хроматографической колонке, отделение их от интерферирующих пиков других часто используемых консервантов (сорбиновой, бензойной, салициловой кислот), что позволяет их детектировать с высокой чувствительностью, при этом в качестве элюента следует использовать фосфатный буферный раствор с pH 2,2 : ацетонитрил в режиме градиентной подачи подвижной фазы.

Для разработки оптимальных условий подготовки пробы изучено выделение пара-гидроксibenзойной кислоты, ее эфиров, сорбиновой, бензойной и салициловой кислот из пищевой продукции с помощью различных растворителей. Для этих целей в консервы мясные для детского питания, не содержащие консервантов, была внесена смесь стандартных растворов вышеуказанных консервантов концентрацией 20 мкг/см<sup>3</sup> и 25 мкг/см<sup>3</sup>. В качестве экстрагентов использовали дистиллированную воду, водно-метанольные растворы с различным содержанием водной и органических фаз, метанол.

Установлено, что при помощи дистиллированной воды хорошо извлекаются гидрофильные соединения: п-гидроксibenзойная, сорбиновая, бензойная и салициловая кислоты, для экстракции менее гидрофильных соединений (эфиров пара-гидроксibenзойной кислоты) данный экстрагент малоэффективен. При увеличении доли менее полярного экстрагента (метанола) в водной фазе экстрагирующая сила смеси в отношении пара-бензов увеличивается, причем полное извлечение указанных консервантов из пищевой матрицы достигается при использовании чистого метанола.

Таким образом, для экстракции консервантов из продукции предпочтительнее использовать метанол. Данный растворитель обладает гидрофобными и гидрофильными свойствами и хорошо извлекает пара-гидроксibenзойную кислоту и ее эфиры, а также сорбиновую, бензойную и салициловые кислоты из матриц сложного состава. На рисунке 2 представлена хроматограмма, полученная при анализе консервов мясных для детского питания с внесением 11 консервантов в количестве 25 мг/кг каждого (экстрагент: метанол).

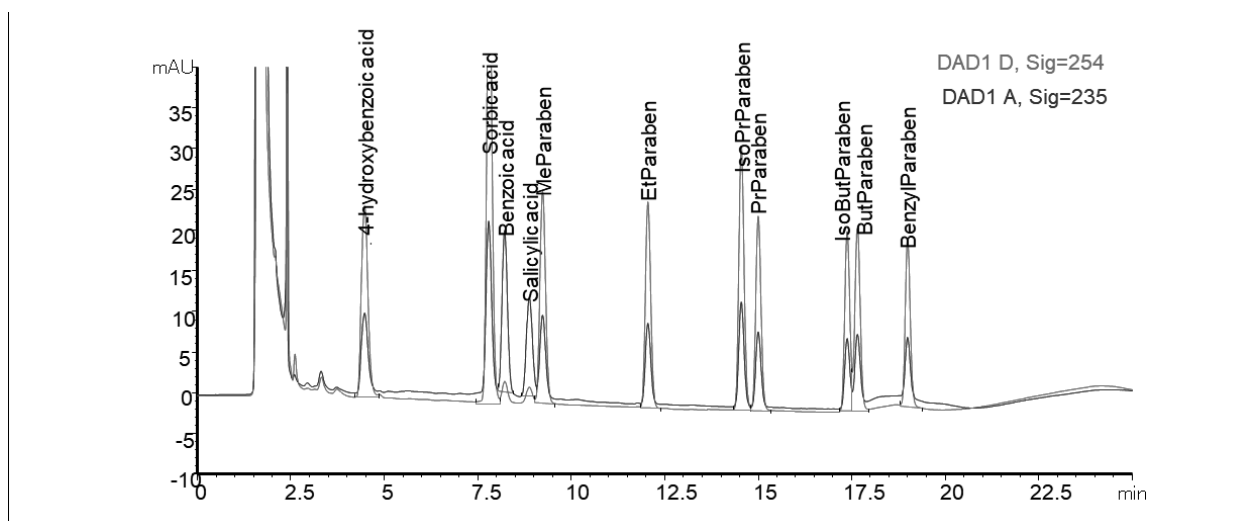


Рисунок 2 — Хроматограмма, полученная при анализе консервов мясных для детского питания с внесением 11 консервантов в количестве 25 мг/кг каждого (экстрагент : метанол)



Из рисунка 2 видно, что пики анализируемых соединений четкие, хорошо отделены друг от друга и их определению не мешают иные компоненты, входящие в состав консервов.

На основании проведенных исследований разработана методика определения 11 консервантов в пищевой продукции, согласно которой извлекают консерванты из пробы метанолом, очищают экстракт с помощью реактивов Карреза I, Карреза II и центрифугируют с последующим количественным определением методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектированием при длинах волн 254 нм (все аналиты, за исключением бензойной и салициловой кислот) и 235 нм (бензойная и салициловая кислоты). При этом удовлетворительное хроматографическое разделение 11 консервантов, включая их изомерные формы, достигается за счет использования хроматографической колонки, заполненной сорбентом, эндкепированным октадецильными и фенольными группами, а также подвижной фазы, состоящей из фосфатного буферного раствора с pH 2,3 и ацетонитрила в градиентном режиме подачи элюентов. Установлен диапазон измерений массовых долей консервантов, который составил от 10,0 до 1000,0 мг/кг (за исключением сорбиновой и бензойной кислот). Для сорбиновой и бензойной кислот — от 10,0 до 3000,0 мг/кг.

Для оценки метрологических параметров методики (повторяемости, промежуточной прецизионности, правильности, а также соответствующих значений расширенной стандартной неопределенности) проведены экспериментальные исследования пяти видов пищевой продукции (консервы мясные для детского питания, йогурт питьевой, наполнитель фруктовый, сухие завтраки на основе злаков, икра альгиновая с кремом) с добавками аналитов, в концентрациях, охватывающих диапазон измерения разработанной методики. Проведено по 18 определений для каждого образца, выполненных с двумя изменяющимися факторами: время, оператор. Установлены относительные значения пределов повторяемости, которые составили от 7,5 до 19,5 %, промежуточной прецизионности (от 8,9 до 14,5 %), относительной расширенной неопределенности (от 22,4 до 30,6 %).

Разработанная методика прошла метрологическую аттестацию в Белорусском государственном институте метрологии и утверждена в установленном порядке: МВИ.МН 6323-2020 «Массовая концентрация консервантов в пищевой продукции. Методика выполнения измерений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии» (далее — МВИ). Внедрение разработанной МВИ в практику учреждений государственного санитарного надзора позволит проводить контроль за содержанием консервантов, включая парабены, и тем самым защитить население от употребления опасной пищевой продукции.

## Литература

1. Sony, M. G. Safety assessment of esters of 4-hydroxybenzoic acid (parabens) Food and Chem / M. G. Sony, I. G. Carabin, G. A. Burdock // Food Chem. Toxicol. — 2005. — Vol. 43, № 7. — P. 985–1015.
2. Oestrogenic activity of parabens in MCF7 human breast cancer cells / J. Byford [et al.] // J. Steroid Biochem. Mol. Biol. — 2002. — Vol. 80, № 1. — P. 49–60.
3. ТР ТС 029/2012. Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств [Электронный ресурс] : технический регламент Таможенного союза : принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии 20 июля 2012 г. № 58 : с изм. на 18 сентября 2014 г. // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2020.
4. Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on food additives (Text with EEA relevance) / [Electronic resource]. — Mode of access: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content>. — Date of access: 10.01.2022.
5. Codex STAN 192-1994. Codex general standard for food additives (GSFA). — Rome : FAO/WHO Codex Alimentarius Commission, 1995. — 475 p.

Поступила 12.09.2023

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ АФЛАТОКСИНА М<sub>1</sub> В МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ МЕТОДОМ ВЭЖХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОЧИСТКИ ПРОБЫ НА ИММУНОАФФИННЫХ КОЛОНКАХ

Полянских Е. И., к. х. н., [alena.ip@mail.ru](mailto:alena.ip@mail.ru),  
Филатченкова Е. В., [boguzkaya27@gmail.com](mailto:boguzkaya27@gmail.com),  
Фёдорова Т. А., [tanyachemist77@gmail.com](mailto:tanyachemist77@gmail.com)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Афлатоксины — это высокотоксичные соединения, продуцируемые микроскопическими грибами *Aspergillus*. В естественных условиях афлатоксины могут образовываться при культивации орехов, злаковых и зернобобовых культур, а также при неправильном хранении сельскохозяйственной продукции. Самыми распространенными из них являются афлатоксины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> и G<sub>2</sub>. Наиболее токсичными свойствами обладает афлатоксин В<sub>1</sub>. Высокий уровень загрязнения кормов афлатоксином В<sub>1</sub> может стать причиной образования его токсичного метаболита афлатоксина М<sub>1</sub> (далее — АФТ М<sub>1</sub>) в организме животного. АФТ М<sub>1</sub> аккумулируется в молоке сельскохозяйственных животных, впоследствии данное соединение может обнаруживаться не только в цельном молоке, но и в восстановленном, в твороге, сырах, йогуртах и другой молочной продукции.

Выявление у АФТ М<sub>1</sub> высокой токсичности, мутагенных, канцерогенных и тератогенных свойств [1] стало основанием для его контроля. В Республике Беларусь основными нормирующими документами, устанавливающими требования по содержанию АФТ М<sub>1</sub>, являются: ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции». Согласно этим документам, содержание АФТ М<sub>1</sub> не должно превышать 0,5 мкг/кг для молока и молочной продукции, а для детского питания содержание АФТ М<sub>1</sub> не допускается при чувствительности метода 0,02 мкг/кг.

В настоящее время в Республике Беларусь для определения АФТ М<sub>1</sub> в пищевой продукции применяется методика [2]. Лимитирующей стадией пробоподготовки, согласно данной методике, является экстракция АФТ М<sub>1</sub> из пищевой матрицы и очистка экстракта. В качестве экстрагента применяются органические растворители в присутствии солевых растворов, а для очистки экстракта от мешающих веществ используется твердофазная экстракция. Однако пробы после твердофазной очистки, согласно [2], получают недостаточно чистыми для некоторых видов матриц. Наиболее эффективным способом очистки экстрактов от сопутствующих веществ считается очистка с помощью иммуноаффинных колонок [3, 4]. Процедура пробоподготовки, описанная в методике [3], позволяет очищать экстракт более быстро и эффективно. Однако область распространения данного стандарта включает только молоко и сухое молоко, также в стандарте отсутствуют данные о повторяемости, прецизионности, расширенной неопределенности методики измерения.

Поэтому целью данной работы явилась разработка условий подготовки проб, расчет метрологических параметров с целью расширения области распространения методики определения АФТ М<sub>1</sub> [3] на все виды молочной продукции.

Для выполнения поставленной цели использовали следующие образцы молочной продукции: сухую молочную смесь для детского питания, молоко сырое, сыр твердый и сухое молоко. Также готовили пробы указанных образцов с внесенным содержанием АФТ М<sub>1</sub> в диапазоне концентраций, охватывающих диапазон измерения методики. Для этих целей использовали водно-ацетонитрильный раствор стандартного образца АФТ М<sub>1</sub> концентрацией 0,01 мкг/см<sup>3</sup>.

Пробоподготовку жидкого и сухого молока выполняли согласно методике [3].

Жидкое молоко объемом 200 см<sup>3</sup> нагревали до 35–37 °С. Далее пробу центрифугировали при 10 000 об/мин в течение 10 мин.

Сухое молоко предварительно восстанавливали. К навеске сухого молока 20 г добавили 80 см<sup>3</sup> дистиллированной воды (предварительно нагретой до 35–37 °С), хорошо перемешали. Оставшейся нагретой водой доводили объем раствора до 100 см<sup>3</sup>. Центрифугировали пробу при 10 000 об/мин в течение 10 мин.

Пробоподготовку сухой молочной смеси для детского питания и сыра осуществляли следующим образом. Смесь сухую для детского питания в количестве 50 г помещали в мерную колбу вместимостью 200 см<sup>3</sup>, добавляли 125 см<sup>3</sup> 60%-го водного раствора ацетонитрила и тщательно перемешивали. Центрифугировали пробу при 10 000 об/мин в течение 10 минут. К 10 см<sup>3</sup> пробы приливали 50 см<sup>3</sup> фосфатно-солевого буферного раствора. Доводили рН пробы до 7,4, используя 2 М гидроксид натрия.

Сыр в количестве 20 г помещали в стеклянный стакан. Добавляли 50 см<sup>3</sup> 60%-го водного раствора ацетонитрила и тщательно перемешивали. Экстракт переносили в колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup> и доводили до 100 см<sup>3</sup> 60%-м водным раствором ацетонитрила, перемешивали. Центрифугировали пробу при 10 000 об/мин в течение 10 минут. К 30 см<sup>3</sup> пробы приливали 30 см<sup>3</sup> фосфатно-солевого буфера, перемешивали.

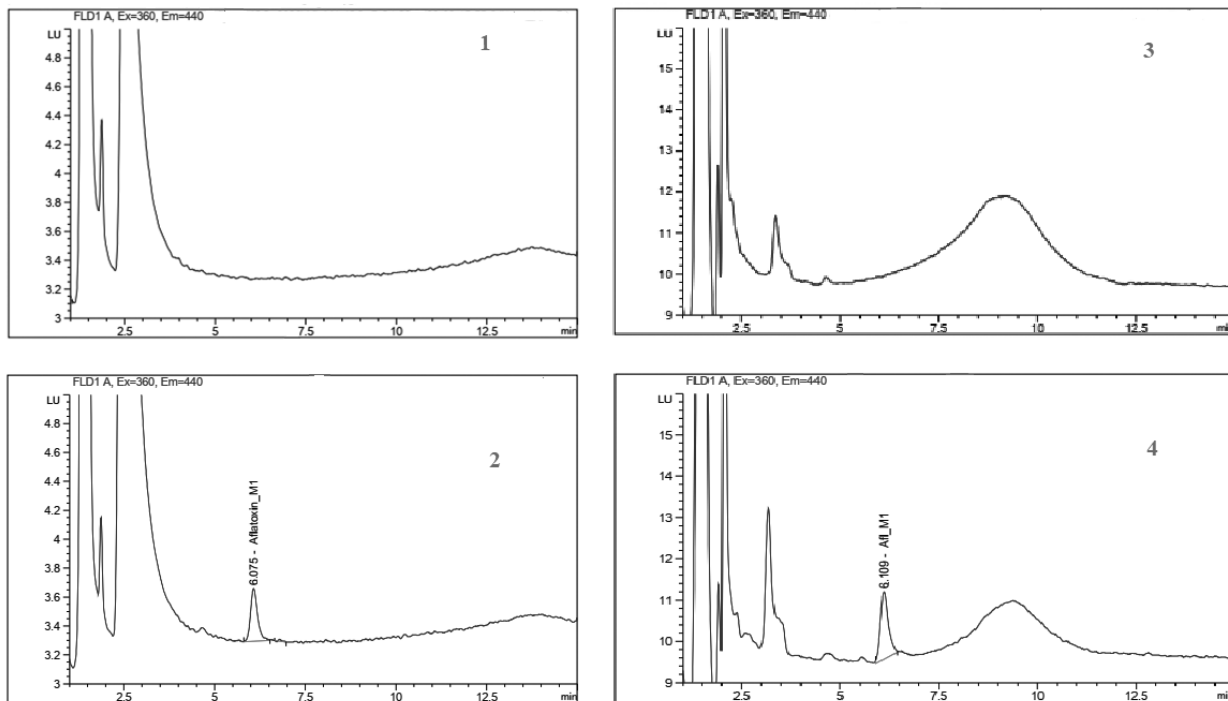
Далее проводили очистку и концентрирование вышеперечисленных отфильтрованных растворов с помощью иммуноаффинных колонок R-Biopharm. В установку для твердофазной экстракции помещали иммуноаффинную колонку, выдержанную при комнатной температуре в течение 30 мин. Пропускали через нее 50 см<sup>3</sup> раствора пробы, затем промывали 20 см<sup>3</sup> фосфатно-солевого буферного раствора. Элюировали АФТ М<sub>1</sub> 1,25 см<sup>3</sup> смеси ацетонитрил: метанол (60 : 40 об. %), затем 1,25 см<sup>3</sup> дистиллированной воды.

Исследования проводились на жидкостном хроматографе «Agilent 1260», оснащенном флуоресцентным детектором, при следующих условиях хроматографирования:

- колонка хроматографическая Eclipse XDB-C18, 4,6 × 12,5 мм, 5 мкм;
- температура термостата колонок – 30 °С;
- скорость потока элюента – 1 см<sup>3</sup>/мин;
- длина волны возбуждения детектора – 360 нм;
- длина волны эмиссии детектора – 440 нм;
- объем инъекции – 50 мкл;
- режим элюирования – изократический;
- подвижная фаза – ацетонитрил: вода (25 : 75 об. %).

Количественное определение АФТ М<sub>1</sub> проводили методом абсолютной калибровки в диапазоне концентраций 0,0004–0,005 мкг/кг.

На рисунке 1 представлены типичные хроматограммы образцов проб молочной продукции, не содержащей АФТ М<sub>1</sub>, а также хроматограммы с добавками данного токсина.



**Рисунок 1 — Хроматограмма проб молока без внесения АФТ М<sub>1</sub> (1) и с добавкой АФТ М<sub>1</sub> в количестве 0,00004 мг/кг (2), хроматограмма пробы сыра без внесения АФТ М<sub>1</sub> (3) и с добавкой АФТ М<sub>1</sub> в количестве 0,0005 мг/кг (4)**

Из рисунка видно, что при использовании иммуноаффинных колонок достигается эффективная очистка проб молочной продукции, в области выхода АФТ М<sub>1</sub> отсутствуют пики interfering соединений, что позволяет определять данный токсин на регламентированном уровне.

Для набора статистических данных и расчета метрологических параметров методики исследованы образцы сухой молочной смеси для детского питания, молока сырого, сыра твердого и сухого молока, содержащих добавленный аналит в концентрациях, охватывающих диапазон измерения методики и составляющих 0,0002; 0,00002; 0,0005 и 0,0004 мг/кг соответственно. Проведено по 18 определений для каждого образца, выполненных с двумя изменяющимися факторами: время, оператор. Результаты испытаний проверялись на наличие выбросов, используя критерии Кохрена и Граббса.

Результаты исследования образцов молочной продукции с внесенным содержанием АФТ М<sub>1</sub> использовались для расчета показателей прецизионности, точности и неопределенности измерений при доверительной вероятности  $P = 0,95$ . Полученные данные анализа рабочих проб были статистически обработаны. При расчете относительной расширенной неопределенности учитывался вклад неопределенности построения градуировочного графика, обработки пробы, неопределенность извлечения целевого вещества из пробы в ходе пробоподготовки, неопределенность повторяемости измерений. Установлена линейность градуировочного графика в диапазоне концентраций от 0,0004 до 0,0050 мкг/см<sup>3</sup>.

Установлено относительное значение предела повторяемости ( $r = 17,5\%$ ), относительное значение предела промежуточной прецизионности ( $R = 20,2\%$ ), значение относительной расширенной неопределенности ( $U = 26,3\%$ ). Нижний предел количественного измерения методики составляет 0,00002 мг/кг.

В результате проведенных исследований разработаны условия подготовки проб различных видов молочной продукции с использованием очистки на иммуноаффинных колонках, которые позволили добиться хорошей очистки пробы от сопутствующих соединений при определении АФТ М<sub>1</sub>, а также значительно сократить длительность пробоподготовки по сравнению с имеющимися методиками. Методика прошла валидационные испытания и внедрена в деятельность Центра, что позволяет проводить эффективный контроль за содержанием данного токсина во всех видах молочной продукции.

## Литература

1. Федорова, Т. А. Способ очистки экстракта при определении афлатоксина М<sub>1</sub> в молоке и молочных продуктах методом ВЭЖХ / Т. А. Федорова, Л. Л. Бельшева, О. В. Шуляковская // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены ; гл. ред.: С. И. Сычик. — Минск : РНМБ, 2016. — Вып. 26. — С. 280–282.
2. ГОСТ 30711-2001. Продукты пищевые. Методы выявления и определения содержания афлатоксинов В<sub>1</sub> и М<sub>1</sub>. — Введ. 01.01.2003. — Минск : БелГИСС, 2002. — 13 с.
3. ГОСТ ISO 14501-2016. Молоко и молоко сухое. Определение содержания афлатоксина М<sub>1</sub>. Очистка с помощью иммуноаффинной хроматографии и определение с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. — Введ. 01.05.2017. — Минск : БелГИСС, 2017. — 10 с.
4. Tuinstra, L. G. Liquid chromatographic determination of aflatoxin M<sub>1</sub> in milk powder using immunoaffinity columns for cleanup: Interlaboratory study / L. G. Tuinstra, A. H. Roos, J. M. Van Trijp // J. A. O. A. C. Int. — 1993. — Vol. 76, № 6. — P. 1248–1254.

Поступила 14.09.2023

## СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ И ЛАПЧАТКЕ ПИЖМОЛИСТНОЙ В УСЛОВИЯХ Г. ЧИТЫ

Самойленко Г. Ю.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Чита, Россия

Вследствие возрастающего уровня загрязнения окружающей среды, особенно урбанизированных территорий, становится необходимым изучение трансформации тяжелых металлов в почвах и в системе «почва-растение» с учетом природно-климатических особенностей региона. Такие элементы, как цинк (далее — Zn), кадмий (далее — Cd), свинец (далее — Pb) и медь (далее — Cu), могут накапливаться в объектах окружающей среды, вызывая тем самым негативные необратимые изменения [1].

Концентрация элементов в растениях зависит не только от величины фитомассы, но и от интенсивности поглощения, потребности растения в элементах питания и экологических условий. Изучение поведения элементов в системе «почва-растение» является важным, так как концентрации элементов в растениях часто проявляют положительную корреляцию с концентрациями их в почве. Большую ценность при изучении загрязнения почвенного покрова представляют данные о валовом содержании тяжелых металлов. Но при оценке интенсивности потока в системе «почва-растение» важной является информация о подвижных формах микроэлементов, способных к миграции [1].

В почвенном покрове природной зоны, где размещается город Чита, преобладают черноземные почвы, в степной части — суглинисто-галечные выщелочные черноземы, в пониженных местах — болотные, луговоболотные, по склонам хребтов — серые и темно-серые лесные почвы, иногда дерновые слабоподзоленные. Почвы города в основном аллювиально-остепненные супесчаные и песчаные [4]. Содержание гумуса низкое [5].

Лапчатка пижмолистная (*Potentilla tanacetifolia* Willd. ex D. F. K. Schlecht.) — многолетнее травянистое растение семейства Розоцветные (*Rosaceae* Juss.) [3]. В настоящее время недостаточно данных о способности лапчатки пижмолистной накапливать тяжелые металлы.

Цель исследования — определить валовое содержание и подвижные формы тяжелых металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в почвах и в органах *P. tanacetifolia* из природных экосистем, расположенных в условиях урбанизированной территории, и оценить степень влияния абиотических факторов на вид по величинам эколого-геохимических коэффициентов и индексов.

Образцы почв и растений для элементного анализа отбирали в трехкратной повторности согласно общепринятым методикам в конце вегетационного периода с 2020 по 2022 г. Почвенные образцы были взяты из корнеобитаемого слоя (0–15 см). Растения высушивали на воздухе, сортировали по отдельным частям (корневище, стебель, листья, цветки) и мелко измельчали. Навески проб высушивали в сушильном шкафу при температуре 105 °С. Далее пробы высушивали при температуре 150–350 °С в кварцевых стаканчиках. Озольнение растений и почв проводили с добавлением концентрированных азотной кислоты и перекиси водорода до получения однородной золы белого, серого или рыжеватого цвета без угольных включений. Определение валового содержания и подвижных форм тяжелых металлов в почве и их концентрацию в золе растений определяли методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе «ТА-Универсал» методом добавок. Измерение рН почвенных образцов проводили потенциометрическим методом [5] на анализаторе «ТА-Универсал» со стеклянным комбинированным электродом ЭСК-10603.

Корневое поступление элементов из почвы определяли с помощью коэффициента накопления (далее —  $K_n$ ), который выражает отношение содержания элемента в корнях к таковому в почве. Для характеристики процессов передвижения ионов использовали коэффициент передвижения (далее —  $K_p$ ), равный отношению содержания элементов в листьях к таковому в корнях. Индекс биологического накопления (далее —  $A_{xBC}$  и  $A_{xПФ}$ ) выражали через соотношение содержания микроэлемента в золе растений к его валовому содержанию (далее — BC) в почве и количеству подвижных форм (далее — ПФ). Индекс биогеохимической активности микроэлементов (далее — БХА) в растениях рассчитывали как сумму индексов биологического накопления:  $BXA = \Sigma A_x$  [2]. Для исследования были выбраны участки в г. Чита: пункт № 1 — в районе Титовской сопки, территория вблизи промзоны, пункт № 2 — южный склон хребта Черского, площадка в районе комплекса «Орбита», пункт № 3 — западный склон хребта Черского, площадка в районе комплекса «Орбита», пункт № 4 — микрорайон Соновый бор, ул. Украинский бульвар, пункт № 5 — п. ГРЭС, ул. Энергетиков. Фоновым участком была выбрана территория с. Александровка (Читинский район) — пункт № 6. Полученные данные были обработаны с помощью статистического пакета Microsoft Excel 2010 и PAST 3.0.

Согласно литературным данным, оптимальная реакция среды, обеспечивающая необходимое поступление микроэлементов из почвы в растения, должна поддерживаться в пределах 6,9–7,1 [1]. При исследовании образцов почв было установлено, что по величине рН почвы пунктов № 1, 4 и 6 относятся к слабокислым, пунктов № 2 и 3 — к слабощелочным, пункта № 5 — к щелочным (таблица 1).

При анализе содержания тяжелых металлов отмечено, что с увеличением рН подвижность ионов Zn возрастает от 4,3 (при рН=6,47) до 7,4 мг/кг (при рН = 8,10) соответственно. Валовое содержание Zn было максимальным в почве пункта № 3, однако оно не превышало предельно допустимых концентраций (далее — ПДК). Самые высокие подвижность и валовое содержание ионов Cd, так же как и для Pb, были отмечены в слабощелочных почвах в пунктах № 3, 4 и 5. У Cu значительное количество подвижных ионов отмечалось в слабощелочных почвах с рН = 7,1–8,1 (пункты № 2, 3 и 5).

Доля мобильных форм Zn, Cd, Pb и Cu, участвующих в формировании потока из почвы в растения, при рН=6,8 суммарно составила 11,5 % от валового содержания; при рН = 7,3–9,6 %; при рН=8,1–17,1 %.

Таблица 1 — Значения рН, валового содержания и концентрация подвижных форм тяжелых металлов в почвах

Пункт	рН	Металлы, $\frac{BC}{ПФ}$ (мг/кг)			
		Zn	Cd	Pb	Cu
№ 1	6,47	$\frac{5,1 \pm 1,3}{4,3 \pm 1,2}$	$\frac{0,9 \pm 0,002}{0,19 \pm 0,05}$	$\frac{2,4 \pm 0,8}{3,8 \pm 1,3}$	$\frac{3,2 \pm 1,05}{0,28 \pm 0,07}$
№ 2	7,3	$\frac{40 \pm 7,4}{7,3 \pm 2,3}$	$\frac{10,3 \pm 4,8}{3,1 \pm 1,02}$	$\frac{5,0 \pm 1,6}{3,1 \pm 0,97}$	$\frac{12,3 \pm 4,7}{2,2 \pm 0,9}$
№ 3	7,1	$\frac{200 \pm 16,4}{3,63 \pm 1,52}$	$\frac{42 \pm 11,3}{1,3 \pm 0,07}$	$\frac{11,5 \pm 4,3}{8,4 \pm 2,3}$	$\frac{40 \pm 11,5}{3,8 \pm 1,5}$
№ 4	6,8	$\frac{12 \pm 3,56}{7,3 \pm 3,03}$	$\frac{3,4 \pm 0,92}{0,23 \pm 0,03}$	$\frac{10,2 \pm 4,03}{2,1 \pm 0,56}$	$\frac{5,1 \pm 2,07}{0,31 \pm 0,03}$
№ 5	8,1	$\frac{15,3 \pm 6,7}{7,4 \pm 2,78}$	$\frac{12,1 \pm 6,3}{2,2 \pm 0,76}$	$\frac{2,4 \pm 0,8}{2,8 \pm 0,54}$	$\frac{60 \pm 25,6}{3,01 \pm 0,76}$
№ 6 (фон)	6,8	$\frac{63 \pm 23,4}{4,3 \pm 1,8}$	$\frac{4,2 \pm 1,6}{0,91 \pm 0,05}$	$\frac{10,3 \pm 4,7}{2,4 \pm 0,87}$	$\frac{120,5 \pm 43,8}{0,03 \pm 0,002}$
ПДК (валовое содержание) [2]		300–500	3–5	32–300	100

В почвах исследуемых площадок превышение ПДК отмечено для Cd (пункты 2, 3 и 5) и для Cu (пункт 6). При этом концентрации подвижных форм поллютантов ни в одной из проб не превышали ПДК (таблица 1).

Интенсивность поглощения и количество поступивших поллютантов в органы *P. tanacetifolia* оценивали относительно валового содержания и подвижных форм тяжелых металлов по величине коэффициентов биологического поглощения ( $A_{xBC}$  и  $A_{xПФ}$  соответственно), накопления ( $K_{нBC}$  и  $K_{нПФ}$  соответственно) и передвижения ( $K_{п}$ ) (таблица 2).

Валовое содержание тяжелых металлов в почвах исследуемых территорий значительно превышает содержание их подвижных форм. Согласно полученным данным, значения коэффициентов биологического поглощения и накопления относительно валового содержания в большинстве проб несколько ниже таковых, рассчитанных относительно подвижных форм Zn, Cd, Pb и Cu.

Было установлено, что органы *P. tanacetifolia* интенсивнее поглощают подвижные ионы Cd и Cu. На территории пункта № 6 (фоновый участок) значение  $A_{xПФ}$  по Cu составило 206,3 — самое высокое значение по сравнению с другими поллютантами. В ходе анализа значений коэффициента накопления подвижных форм установлено, что корневое поступление Cd и Cu значительно превышало значения для Zn и Pb. Сравнение значений коэффициентов передвижения ( $K_{п}$ ) показало, что ионы Cu, в отличие от Zn, Cd и Pb, обладают более высокой подвижностью. На территории пунктов № 1 и № 3  $K_{п}$  для Cu составил 3,25 и 7,7 соответственно.

Таблица 2 — Величины коэффициентов биологического поглощения ( $A_{xBC}$  и  $A_{xПФ}$ ), накопления ( $K_{нBC}$  и  $K_{нПФ}$ ) и передвижения ( $K_{п}$ ) тяжелых металлов в органах *P. tanacetifolia*

Пункт	Коэффициенты	Zn	Cd	Pb	Cu
№ 1	$A_{xBC}$	7,50	5,25	3,93	2,89
	$A_{xПФ}$	8,90	29,62	2,47	32,8
	$K_{нBC}$	1,50	3,75	1,04	0,25
	$K_{нПФ}$	1,78	17,9	0,63	2,90
	$K_{п}$	1,50	0,01	0,58	3,25
	$BXA_{BC}$	20,55			
	$BXA_{ПФ}$	73,77			

Пункт	Коэффициенты	Zn	Cd	Pb	Cu
№ 2	$A_{xBC}$	1,08	4,80	1,75	3,33
	$A_{xПФ}$	3,80	4,05	3,16	4,84
	$K_{нBC}$	0,33	0,55	0,06	0,2
	$K_{нПФ}$	0,96	1,52	0,01	1,23
	$K_{п}$	1,50	1,4	4,66	1,22
	$BXA_{BC}$	10,93			
	$BXA_{ПФ}$	15,81			
№ 3	$A_{xBC}$	0,17	0,15	0,91	0,30
	$A_{xПФ}$	9,50	4,93	1,24	3,15
	$K_{нBC}$	0,05	0,05	0,37	0,02
	$K_{нПФ}$	2,90	1,81	0,53	0,18
	$K_{п}$	0,84	0,65	0,82	7,70
	$BXA_{BC}$	1,52			
	$BXA_{ПФ}$	18,79			
№ 4	$A_{xBC}$	5,14	3,23	1,13	1,23
	$A_{xПФ}$	8,60	47,8	5,50	6,42
	$K_{нBC}$	0,60	2,08	0,03	0,44
	$K_{нПФ}$	4,20	27,3	0,14	6,73
	$K_{п}$	0,23	0,18	13,6	0,62
	$BXA_{BC}$	10,46			
	$BXA_{ПФ}$	68,3			
№ 5	$A_{xBC}$	3,77	0,08	5,93	0,19
	$A_{xПФ}$	7,82	9,14	3,72	3,83
	$K_{нBC}$	0,62	0,46	1,32	0,04
	$K_{нПФ}$	1,26	2,54	0,86	0,69
	$K_{п}$	1,32	1,03	0,95	2,31
	$BXA_{BC}$	9,94			
	$BXA_{ПФ}$	24,4			
№ 6	$A_{xBC}$	0,35	1,0	0,70	0,05
	$A_{xПФ}$	4,43	4,60	3,0	206,3
	$K_{нBC}$	0,11	0,35	0,11	0,01
	$K_{нПФ}$	1,65	1,65	0,52	36,64
	$K_{п}$	0,63	0,20	2,25	0,73
	$BXA_{BC}$	2,05			
	$BXA_{ПФ}$	218,3			

Таким образом, по валовому содержанию тяжелых металлов почвы пунктов № 3 и 6 содержат высокое количество Zn и Cu (200 мг/кг и 120,50 мг/кг соответственно). В образцах почв участка, выбранного как фоновый (№ 6), валовые формы Zn и Pb (63 мг/кг и 10,30 мг/кг соответственно) были выше тех же показателей в почвах других территорий, за исключением пункта № 3 (200 мг/кг и 11,3 мг/кг соответственно). Валовое количество Cd в почвах пункта № 6 (120,5 мг/кг) превысило значения ПДК в 2 раза. Поскольку валовое содержание является показателем накопления поллютантов в почве и свидетельствует о степени ее загрязнения, можно сделать вывод о том, что территория пункта № 6, выбранного как фоновый участок, не может выполнять роль такового, несмотря на удаленность от черты города. Cu и Zn являются физиологически важными для растений. Их накопление в верхних слоях почвы может свидетельствовать о том, что произошло изменение количества поллютантов в результате увеличения pH (6,8–7,0), либо на этих участках имеются локальные источники загрязнения.

Согласно значениям коэффициентов биологического накопления ( $K_{н}$ ) и поглощения ( $A_{x}$ ), *P. tanacetifolia* является видом-аккумулятором ионов тяжелых металлов. Высокие показатели  $A_{x}$  и  $K_{н}$

для Cd были отмечены у растений пунктов № 1 и 4; для ионов Cu — у растений пунктов № 1, 3 и 6. При этом количество подвижных форм этих элементов в почвах было относительно низким. Такой характер накопления ионов Cd и Cu, вероятно, связан с тем, что растения данных территорий испытывают дефицит этих элементов к концу вегетационного периода, либо их накопление происходит за счет поверхностного загрязнения, а также может быть ассоциировано с недостаточностью работы физиолого-биохимических механизмов защиты растения от поступления токсикантов. Zn и Pb накапливались растениями в меньшей степени, несмотря на то что содержание подвижных форм в почвах было значительно выше по сравнению с Cd и Cu. Такая особенность может свидетельствовать о достаточно хорошо развитых защитных механизмах корневой системы растений относительно этих металлов.

Таким образом, изученное распределение тяжелых металлов по площадкам в условиях урбанизированной территории можно охарактеризовать следующими особенностями и тенденциями:

1) почвы природных экосистем, расположенных в городской среде, имеют высокие и очень высокие показатели загрязненности тяжелыми металлами. Максимальные значения этого для Zn (в среднем 36,73%, максимум 84,3% (пункт 1), минимум 1,82% (пункт 3) и для Pb (в среднем 75,64%));

2) по распределению по органам *P. tanacetifolia* наибольшими значениями эколого-геохимических индексов и коэффициентов характеризовались площадки, расположенные в условиях сильного техногенного загрязнения. Сравнение накопления и распределения тяжелых металлов выявило высокие значения показателей по Zn и Cd (пункты 1 и 4) и по Cu (пункты 1 и 6);

3) вид *P. tanacetifolia* по совокупности параметров можно отнести к растениям-аккумуляторам тяжелых металлов, что согласуется с ранними работами [3]. Однако выяснено, что интенсивность поступления и избыточного накопления поллютантов в значительной мере зависит от pH почвы и степени загрязненности среды обитания.

## Литература

1. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение / В. Б. Ильин. — Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2012. — 220 с.

2. Содержание тяжелых металлов в почвах и растениях урбанизированных территорий (Восточное Забайкалье) / Л. В. Копылова [и др.]. — Чита : Забайкал. гос. ун-т, 2013. — 154 с.

3. Прохорова, Н. В. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье / Н. В. Прохорова. — Самара : Изд-во Самар. ун-та, 1998. — 131 с.

4. Иванов, Г. М. Микроэлементы-биофилы в ландшафтах Забайкалья : моногр. / Г. М. Иванов. — Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2007. — 239 с.

5. Чертко, Н. К. Геохимия и экология химических элементов : справ. пособие / Н. К. Чертко, Э. Н. Чертко. — Минск : Изд-во БГУ, 2008. — С. 53–56.

Поступила 13.09.2023

## РАЗРАБОТКА МЕТРОЛОГИЧЕСКИ АТТЕСТОВАННОЙ МЕТОДИКИ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИЗИНОПРИЛА ДИГИДРАТА В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Саракач О. В., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),  
Бондаренко Е. П., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),  
Казакевич Е. Л., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),  
Крымская Т. П., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Лизиноприл дигидрат — действующее вещество фармацевтического препарата лизиноприл, который предназначен для лечения артериальной гипертензии и профилактики развития ее осложнений [1]. Особенностью препарата является то, что он не метаболизируется в жировой ткани, что позволяет эффективно использовать его у пациентов с избыточной массой. Представляет собой кристаллический порошок белого или почти белого цвета, растворим в воде, труднорастворим в метаноле и практически нерастворим в этаноле. Молекулярная масса 441,52.



Содержание лизиноприла дигидрата регламентируется Гигиеническим нормативом «Показатели безопасности и безвредности микроорганизмов-продуцентов, микробных препаратов и их компонентов, вредных веществ в воздухе рабочей зоны и на кожных покровах работающих» и составляет 3,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Для определения лизиноприла дигидрата используют различные методы, такие как хроматографические, спектрофотометрические, масс-спектрофотометрические. Большинство из указанных методов являются сложными в аппаратном оформлении и процедуре проведения. Перед нами стояла задача по разработке методики определения лизиноприла дигидрата в воздухе рабочей зоны спектрофотометрическим методом. Основными преимуществами традиционных спектрофотометрических методов перед другими являются простота их использования, эффективность и экономичность.

Первым этапом разработки методики было определение спектральных характеристик лизиноприла дигидрата. С целью выбора растворителя и аналитической длины волны были получены спектры поглощения растворов лизиноприла дигидрата в различных растворителях в диапазоне длин волн 190–1100 нм. Для этого готовили стандартный раствор лизиноприла дигидрата с концентрацией 100 мкг/см<sup>3</sup> по точной навеске в дистиллированной воде, метаноле. Спектры поглощения растворов веществ фиксировали на спектрофотометре Cary-60. Согласно полученным результатам, лизиноприл дигидрат не может быть определен методом прямой спектрофотометрии, так как его способность поглощать электромагнитное излучение проявляется ниже измеряемого УФ-диапазона (193 нм).

Использование спектрофотометрических и спектрофлуориметрических методов определения лизиноприла дигидрата возможно после предварительной дериватизации.

Из литературных источников известно, что лизиноприл дигидрат образует комплексные соединения с ионами меди (II), никеля, кальция, магния, цинка и железа (III) [1, 2].

Были проанализированы способы определения лизиноприла дигидрата, основанные на способности вещества взаимодействовать с тяжелыми металлами с образованием цветных комплексов, смещающих максимум поглощения в более длинноволновом диапазоне. Для этого готовили раствор с сульфатом меди (II) концентрацией 2500 мкг/см<sup>3</sup>. Точную навеску кристаллогидрата CuSO<sub>4</sub> × 5H<sub>2</sub>O, массой 0,25 г, растворяли в H<sub>2</sub>O в мерной колбе на 100 см<sup>3</sup>. В колбе на 25 см<sup>3</sup> смешивали 5 см<sup>3</sup> раствора CuSO<sub>4</sub> × 5H<sub>2</sub>O в H<sub>2</sub>O, концентрацией 2500 мкг/см<sup>3</sup>. Спектр поглощения полученного комплекса медь(II)-лизиноприл имеет максимум при длине волны 760 нм. Недостатком этого метода являлась низкая чувствительность, минимально детектируемая концентрация лизиноприла дигидрата составила лишь 100 мкг/см<sup>3</sup>.

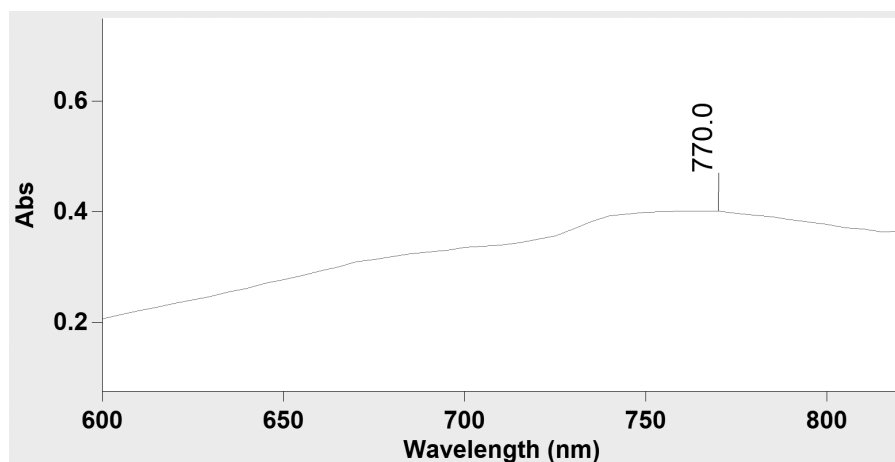


Рисунок 1 – Спектр продукта реакции комплексообразования с ионами меди Cu(II)

Также нами был апробирован способ определения лизиноприла дигидрата, основанный на реакции с нингидрином при высокой температуре ( $95 \pm 2$  °C) [3]. Чувствительность данного метода составила 10 мкг/см<sup>3</sup>, что было приемлемо, однако недостатком определения явилась плохая повторяемость результатов исследования.

Для разработки методики определения лизиноприла дигидрата был выбран метод, основанный на реакции взаимодействия лизиноприла дигидрата в среде метанола с п-хлораниловой кислотой с образованием окрашенного комплексного соединения, интенсивность окраски которого пропор-

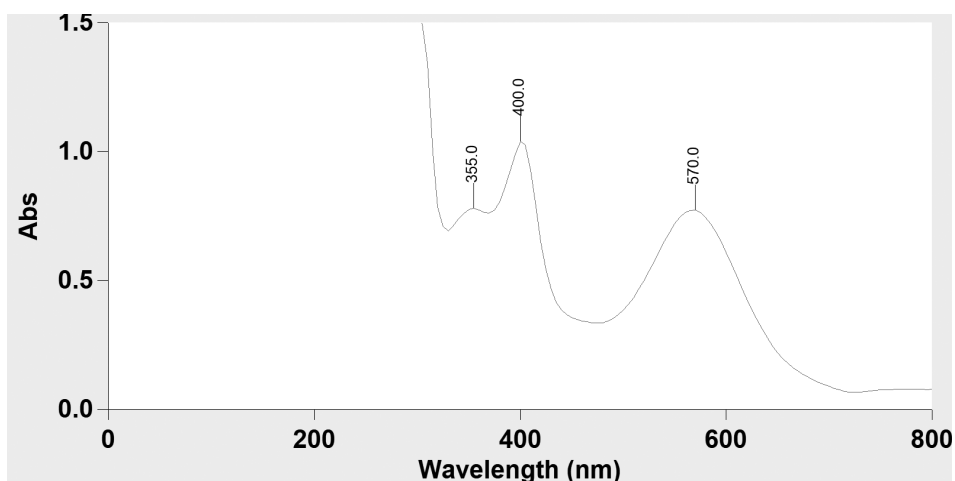


Рисунок 2 – Спектр продукта реакции комплексообразования с нингидрином

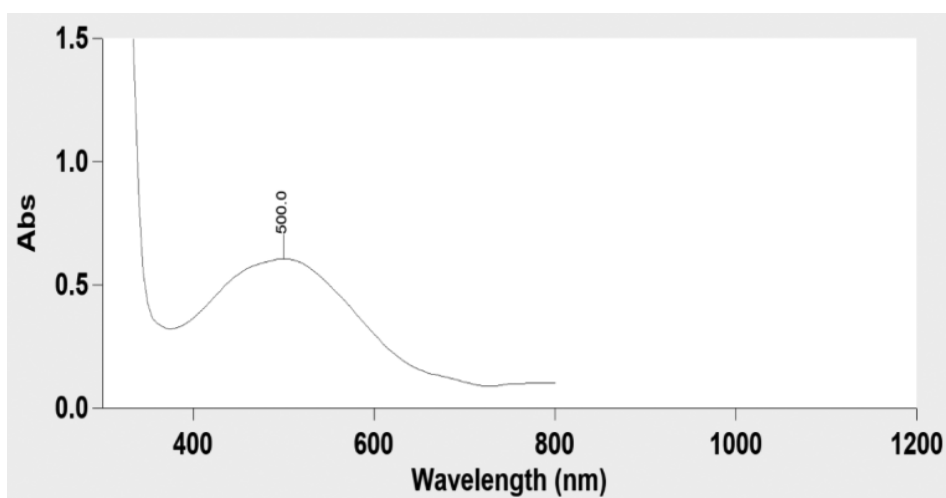


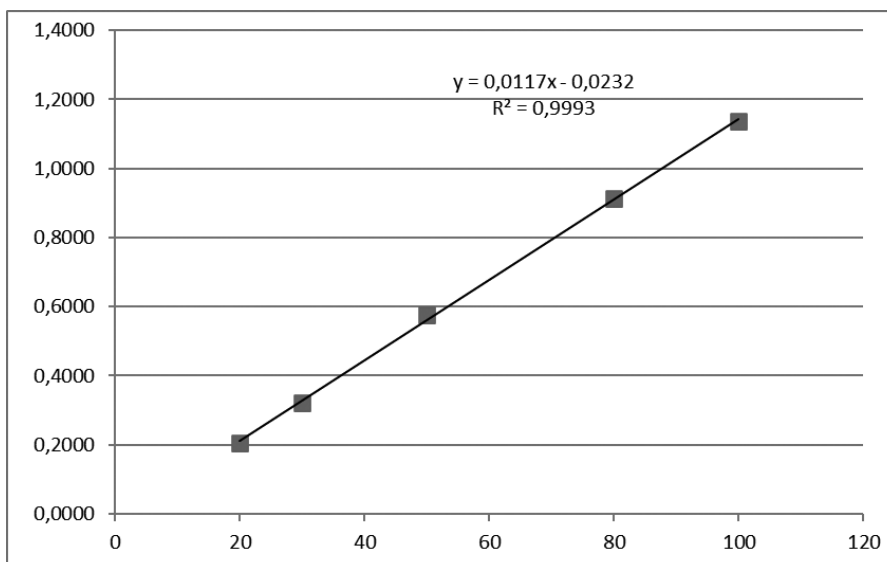
Рисунок 3 – Спектр продукта реакции комплексообразования с п-хлораниловой кислотой

циональна концентрации лизиноприла дигидрата, с последующим спектрофотометрическим измерением окрашенного продукта реакции при длине волны 500 нм [4].

Проводили исследования экстракции лизиноприла дигидрата из фильтров. Фильтры помещали в стеклянный бюкс СН-85/15, наносили известное содержание лизиноприла дигидрата, оставляли на 10 минут, затем добавляли 10 см<sup>3</sup> метанола. После экстракции фильтры отжимали с помощью стеклянной палочки и раствор количественно переносили в чистую пробирку. Фильтр повторно промывали 5 см<sup>3</sup> метанола и объединяли экстракты. Затем каждый из объединенных фильтратов обрабатывали 2 см<sup>3</sup> раствора п-хлораниловой кислоты концентрации 2,0 мг/см<sup>3</sup>, перемешивали в течение 5 минут на шейкере при 210 об/мин. Через 10 минут измеряли оптическую плотность в кюветах с рабочим расстоянием 50 мм (кювету предварительно промывали раствором соляной кислоты (1 : 1), ополаскивали дистиллированной водой и высушивали досуха) при длине волны 500 нм по отношению к раствору сравнения без лизиноприла дигидрата, который готовили одновременно и аналогично отобраным пробам.

Градуировочную характеристику, выражающую зависимость оптической плотности от массовой концентрации лизиноприла дигидрата, устанавливали по градуировочным растворам концентрацией от 20 до 100 мкг/см<sup>3</sup>. Оптическую плотность измеряли при длине волны 500 нм в кварцевых кюветах на 5 мм. В изученном диапазоне график имел линейную зависимость. Нижний предел измерения в анализируемом объеме раствора составил 20 мкг/см<sup>3</sup>.

Установлена полнота извлечения лизиноприла дигидрата из фильтров. В качестве фильтра использовали фильтр АФА-ХП. Экстракцию проводили метанолом. Для моделирования загрязнения фильтров лизиноприлом дигидратом, осажденным из воздуха, на фильтры наносили раствор вещества в количестве, соответствующем нижней, верхней и середине границы диапазона концентраций



**Рисунок 4 – Градуировочный график зависимости оптической плотности растворов от массовой концентрации лизиноприла дигидрата**

градуировочного графика. Экспериментально установлено, что степень извлечения лизиноприла дигидрата находится в диапазоне от 90 до 92 %.

Таким образом, с учетом проведенных исследований и для достижения необходимой чувствительности методики определения лизиноприла дигидрата в воздухе рабочей зоны определены следующие условия отбора и подготовки проб воздуха: отбор проб воздуха выполняли на фильтры АФА-ХП с применением аспиратора ПУ-4Э, продолжительностью 20 мин с объемной скоростью 10 дм³/мин для диапазона от 1,5 до 7,5 мг/м³ и продолжительностью 10 мин с объемной скоростью 4 дм³/мин для диапазона от 7,5 до 37,5 мг/м³. «Проскок» вещества при этом не наблюдается. В одной точке должно быть отобрано не менее двух проб, в качестве контрольной пробы использовали чистый фильтр.

Проведенные исследования позволили разработать точную, высокоселективную и надежную методику, позволяющую определять лизиноприл дигидрат на уровне 0,5 ПДК. Показатели точности метода измерений массовой концентрации лизиноприла дигидрата в воздухе рабочей зоны от 1,5 до 37,5 мг/м³ составили: предел повторяемости —  $r = 16\%$ , предел промежуточной прецизионности —  $RI(TO) = 40\%$ , относительная расширенная неопределенность —  $U = 20\%$ .

Разработанная методика формализована в аттестованную методику измерений АМИ.ГМ 0105-2022 «Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Массовая концентрация лизиноприла дигидрата в воздухе рабочей зоны. Методика измерений спектрофотометрическим методом».

## Литература

1. Кырова, Т. С. Разработка методики спектрофотометрического определения лизиноприла с Fe (III) / Т. С. Кырова, Е. Н. Иванцов // Вестн. Перм. ун-та. Сер. «Химия». — 2018. — Т. 8, № 2. — С. 122–130.
2. Парамонова, Ю. А. Валидация методики количественного определения лизиноприла в таблетках / Ю. А. Парамонова, Е. Н. Иванцов // Вестн. Перм. ун-та. Сер. «Химия». — 2018. — Т. 8, № 2. — С. 177–183.
3. Spectrophotometric method for lisinopril determination using ninhydrin / L. Sbârcea [et al.] // Farmacia. — 2013. — Vol. 62, № 1. — P. 107–118.
4. Rahman, N. Application of pi-acceptors to the spectrophotometric determination of lisinopril in commercial dosage forms / N. Rahman, N. Anwar, M. Kashif // Farmaco. — 2005. — Vol. 60, № 6–7. — P. 605–611.

Поступила 21.09.2023

# КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ L-КАРНИТИНА И ТАУРИНА В СОСТАВЕ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ ТОНИЗИРУЮЩИХ НАПИТКОВ МЕТОДОМ ВЭЖХ-МС/МС

Снапкова И. М., *chromatographic@rspch.by*,  
Тимошенко К. В., *chromatographic@rspch.by*,  
Капелько И. М., *chromatographic@rspch.by*,  
Оковитая А. И., *chromatographic@rspch.by*,  
Крымская Т. П., *chromatographic@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

L-Карнитин и таурин — биологически активные вещества, входят в состав тонизирующих напитков в качестве функциональных компонентов. Для контроля качества продукции, содержащей L-карнитин и таурин, необходимо наличие высокоточных методов лабораторного анализа данных веществ.

В настоящее время в Республике Беларусь отсутствуют методики, позволяющие определять содержание L-карнитина и таурина в тонизирующих напитках. Действующие методики выполнения измерений L-карнитина [1] и таурина [2] распространяются на продукты детского питания, а также включают этапы пробоподготовки, неприменимые к тонизирующим напиткам. Использование жидкостного хроматографа с диодно-матричным детектором, как указано в методике [1], не позволяет достигнуть необходимого нижнего предела количественного определения L-карнитина. Определение таурина, в соответствии с методикой [2], требует проведения дериватизации, что замедляет процесс пробоподготовки.

Целью данной работы является создание метода количественного определения L-карнитина и таурина при совместном присутствии в тонизирующих напитках, а также апробация данного метода на реальных образцах.

Изучение современной научной литературы [3] показало, что оптимальным методом выполнения измерений является высокоэффективная жидкостная хроматография с масс-спектрометрическим детектированием.

Исследования проводились на жидкостном хроматографе Agilent 1290 Infinity II с масс-спектрометрическим детектором Ultivo G6400. Для разделения анализов использовалась хроматографическая колонка ZORBAX Eclipse Plus C18 Rapid Resolution HD, 2,1 × 50 мм, 1,8 мкм, и следующие условия хроматографирования:

- температура термостата колонок: 30 °С;
- скорость потока элюента: 0,3 см<sup>3</sup>/мин;
- объем инъекции: 5 мм<sup>3</sup>;
- подвижная фаза: А — 0,1%-й раствор гептафтормасляной кислоты в деионизированной воде, Б — 0,1%-й раствор гептафтормасляной кислоты в метаноле;
- режим элюирования: градиентный (исходное соотношение 90 % А : 10 % Б, с 3 мин соотношение 10 % А : 90 % Б);
- время анализа: 5 мин.

Идентификация вещества производится по времени удерживания и отношению площадей пиков вспомогательных дочерних ионов к площади пика основного дочернего иона при MRM переходе при заданных параметрах масс-спектрометрического детектора:

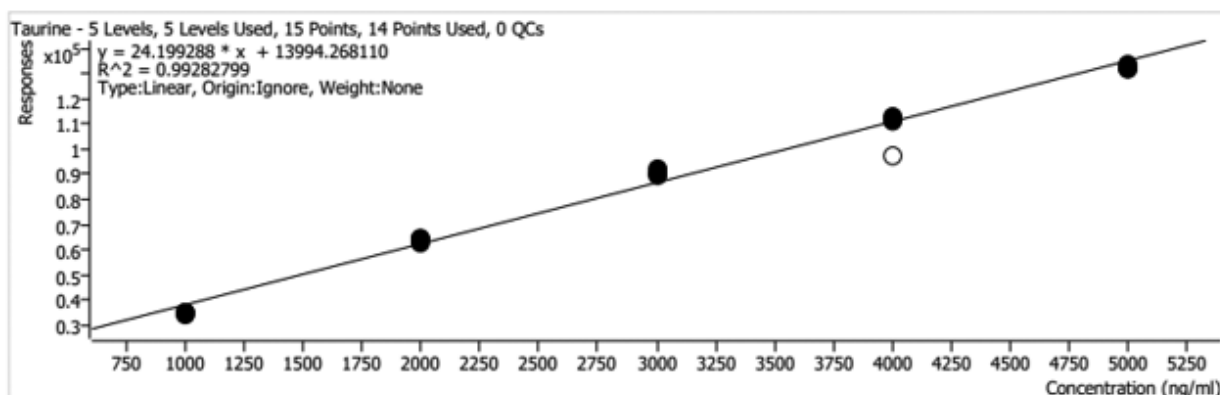
- тип ионизации: электрораспылительная ионизация (ESI);
- газ: азот;
- температура подающего газа: 350 °С;
- скорость подающего газа: 10 л/мин;
- напряжение, подаваемое на капилляр: 3500 В;
- напряжение, подаваемое на конец капилляра: 1500 В;
- температура осушающего газа: 350 °С;
- скорость осушающего газа: 11 л/мин;
- давление газа в распылителе: 45 psi (фунт/кв. дюйм);
- время цикла измерений: 100 мс;
- время измерения в цикле: 30 мс.

Параметры детектирования приведены в таблице 1.

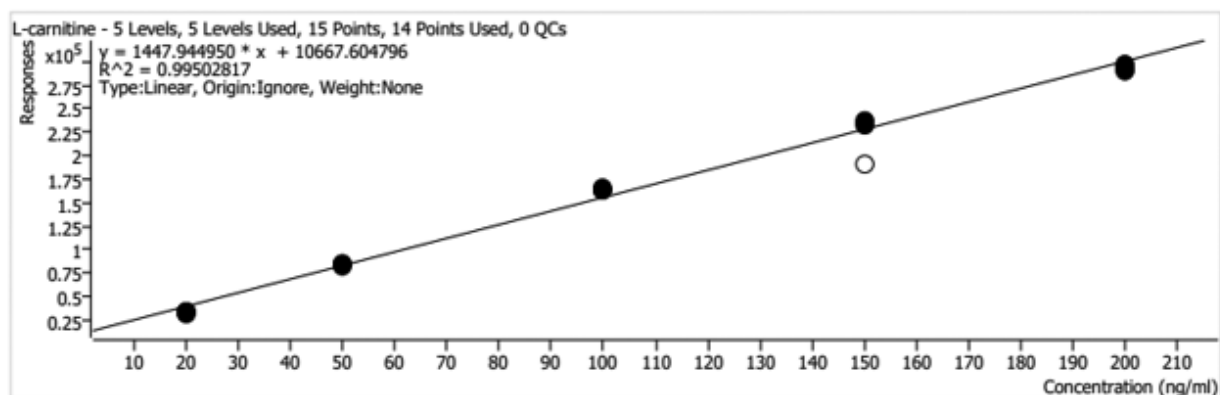
Таблица 1 — Параметры детектирования

Родительский ион (m/z)	Дочерний ион (m/z)	Напряжение, подаваемое на фрагментатор, В	Напряжение, подаваемое на коллизионную ячейку (CE), В	Полярность
L-карнитин				
162,1 (M·H <sup>+</sup> )	60,0 (основной)	94	13	+
	103,0	94	13	+
Таурин				
126,0 (M·H <sup>+</sup> )	44,0 (основной)	66	5	+
	108,2	66	17	+

Количественное определение осуществляется методом абсолютной калибровки в диапазоне концентраций 0,02–0,20 мкг/см<sup>3</sup> для L-карнитина, 1,0–5,0 мкг/см<sup>3</sup> для таурина. Градуировочный график, представляющий собой линейную зависимость площади хроматографического пика от концентрации, представлен на рисунке 1.



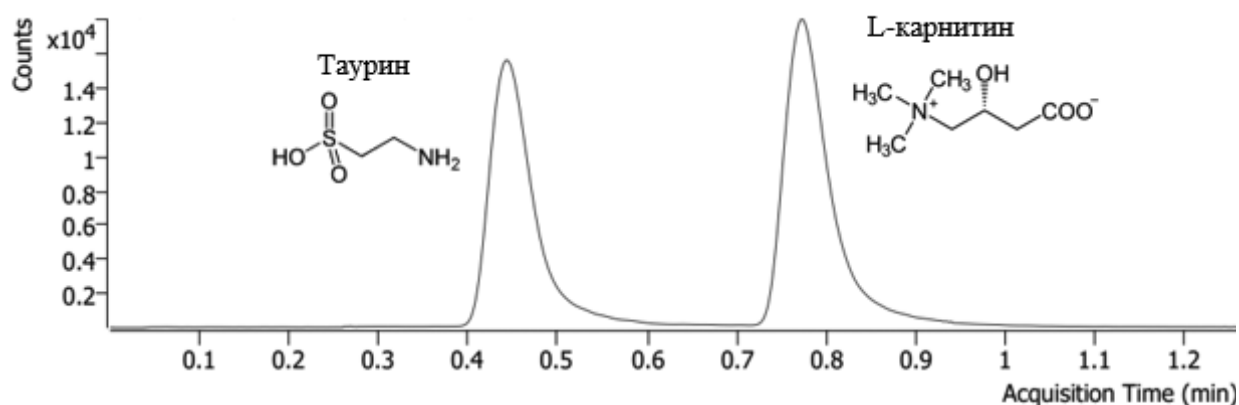
I



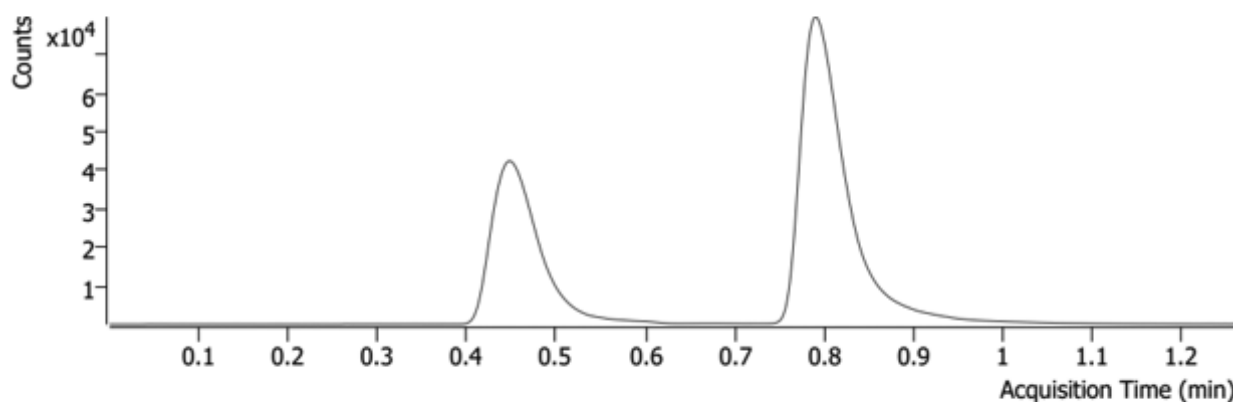
II

Рисунок 1 — Градуировочный график таурина (I) и L-карнитина (II)

В основе пробоподготовки образцов тонизирующих напитков использовался метод, изложенный в п. 4.1, 4.4 стандарта [4]. Образец напитка наливают в химический стакан объемом 50 см<sup>3</sup> и помещают в ультразвуковую ванну для дегазации. На аналитических весах взвешивают 1 г дегазированного напитка и переносят навеску в мерную колбу вместимостью 1000 см<sup>3</sup>, доводят раствор до метки дистиллированной водой. Полученный раствор пропускают через шприцевой фильтр из политетрафторэтилена (PTFE) и анализируют.



I



II

Рисунок 2 – Хроматограммы стандартного раствора таурина 1,0 мкг/см<sup>3</sup> и L-карнитина 0,02 мкг/см<sup>3</sup> (I), образца напитка тонизирующего, содержащего в составе таурин и L-карнитин (II)

На рисунке 2 представлены типичные хроматограммы стандартного раствора L-карнитина и таурина с концентрацией 0,02 мкг/см<sup>3</sup> и 1,0 мкг/см<sup>3</sup> соответственно, а также образца безалкогольного тонизирующего напитка, в состав которого входят L-карнитин (в виде L-карнитина L-тарtrate) и таурин. В подготовленном для анализа образце обнаружены L-карнитин концентрацией 0,092 мкг/см<sup>3</sup> и таурин концентрацией 3,44 мкг/см<sup>3</sup>. При пересчете на процентное содержание в исходном образце получено значение массовой доли L-карнитина, равное 0,0092%, что соответствует 0,014% L-карнитина L-тарtrate, при указанном на упаковке значении 0,0015%. Массовая доля таурина составила 0,344%, при указанном на упаковке значении 0,4%. Правильность полученных результатов проверена методом внесения стандартного раствора в исследуемые образцы.

Проанализировав профиль хроматограмм, представленных на рисунке 2, и оценив полученные количественные значения, удалось установить, что наличие сторонних компонентов в составе напитка не мешает определению аналитов. Таким образом, представленный в данной статье способ пробоподготовки пригоден для подготовки проб напитков безалкогольных тонизирующих и не требует дополнительных стадий очистки.

Для набора статистических данных и подтверждения правильности представленного метода исследованы образцы безалкогольных тонизирующих напитков, содержащих L-карнитин и таурин. Результаты исследования образцов использовались для расчета относительного стандартного отклонения [5], которое составило 11%.

В результате проведенных исследований разработан и апробован на реальных образцах метод определения L-карнитина и таурина, основанный на использовании высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием, который позволяет быстро и качественно проводить определение данных аналитов в безалкогольных тонизирующих напитках.

## Литература

1. МВИ.МН 4075-2011. Методика выполнения измерений концентраций L-карнитина в продуктах детского питания методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. — Введ. 11.10.2011. — Минск : НПЦГ, 2011. — 26 с.
2. МВИ.МН 4386-2012. Методика выполнения измерений концентраций таурина в продуктах детского питания методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. — Введ. 09.08.2012. — Минск : НПЦГ, 2012. — 26 с.
3. Rapid Determination of L-carnitine in Infant and Toddler Formulas by Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry / J. H. Ahn [et al.] // Korean J. Food Sci. An. — 2014. — Vol. 34, № 6. — P. 749–756.
4. ГОСТ Р 53185-2008. Напитки безалкогольные и слабоалкогольные тонизирующие. Методы испытания. — Введ. 01.01.2010. — М. : Стандартинформ, 2010. — 50 с.
5. *Отто, М.* Современные методы аналитической химии / М. Отто. — М. : Техносфера. — 2008. — 544 с.

Поступила 21.09.2023

### КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ ФИПРОНИЛА И ЕГО ОСНОВНЫХ МЕТАБОЛИТОВ ФИПРОНИЛ-СУЛЬФОНА, ФИПРОНИЛ-СУЛЬФИДА И ФИПРОНИЛ-ДЕСУЛЬФИНИЛА В ВОДЕ

*Соболев Д. Н., sobolevdn@fferisman.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Загрязнение окружающей среды остатками пестицидных препаратов в сельскохозяйственных районах может оказывать неблагоприятное воздействие на экосистему. Помимо кумулятивного эффекта пестициды с низкой персистентностью под влиянием внешних факторов и среды, в которой они находятся, могут изменять свою структуру и свойства. Результатом такой биотрансформации становятся метаболиты, обладающие отличными от исходного вещества свойствами — в том числе токсичностью.

Использование инсектицидных препаратов позволяет защищать животных икратно повышать урожайность сельскохозяйственных угодий. Приоритет отдается веществам с низкой токсичностью для млекопитающих. Одним из соединений является фипронил — 5-амино-1-(2,6-дихлор- $\alpha$ ,  $\alpha$ ,  $\alpha$ -трифтор-*n*-толил)-4-трифторметил-сульфинил-пиразол-3-карбонитрил, вещество класса фенилпиразолов, обладающее контактным и кишечным действием и умеренными системными свойствами. Фипронил широко используется в ветеринарии, при дезинсекции помещений, а также при обработке вегетирующих растений и протравливании семян [1].

Наличие атомов серы в структуре пестицидных веществ часто является причиной легкого протекания метаболических реакций под действием внешней среды. При окислении атомов серы структура остальной молекулы может быть не задействована, что приводит к сохранению токсичных свойств и повышению стойкости соединения [2].

В естественных условиях фипронил может разлагаться на фипронил-десульфенил, фипронил-сульфид и фипронил-сульфон путем фотолиза, восстановления и окисления соответственно (рисунок 1). При этом токсические свойства данных продуктов распада выражены сильнее, чем у исходного соединения.

Механизм действия вещества заключается в блокировании гамма-аминомасляной кислоты (далее — ГАМК), регулирующей прохождение нервного импульса через хлоридные каналы в мембранах нервных клеток, приводящее к гипертоническому возбуждению центральной нервной системы.

Фипронил и его метаболиты проявляют различную степень способности к связыванию с субъединицами ГАМК-рецепторов насекомых и млекопитающих. [1] Фипронил обладает более высоким сродством к связыванию с рецепторными комплексами насекомых по сравнению с комплексами млекопитающих. Более низкое сродство к связыванию с рецепторами млекопитающих повышает селективность в отношении насекомых и увеличивает запас прочности для людей и животных. Однако известно, что фипронил-сульфон, основной биологический метаболит фипронила, в 20 раз

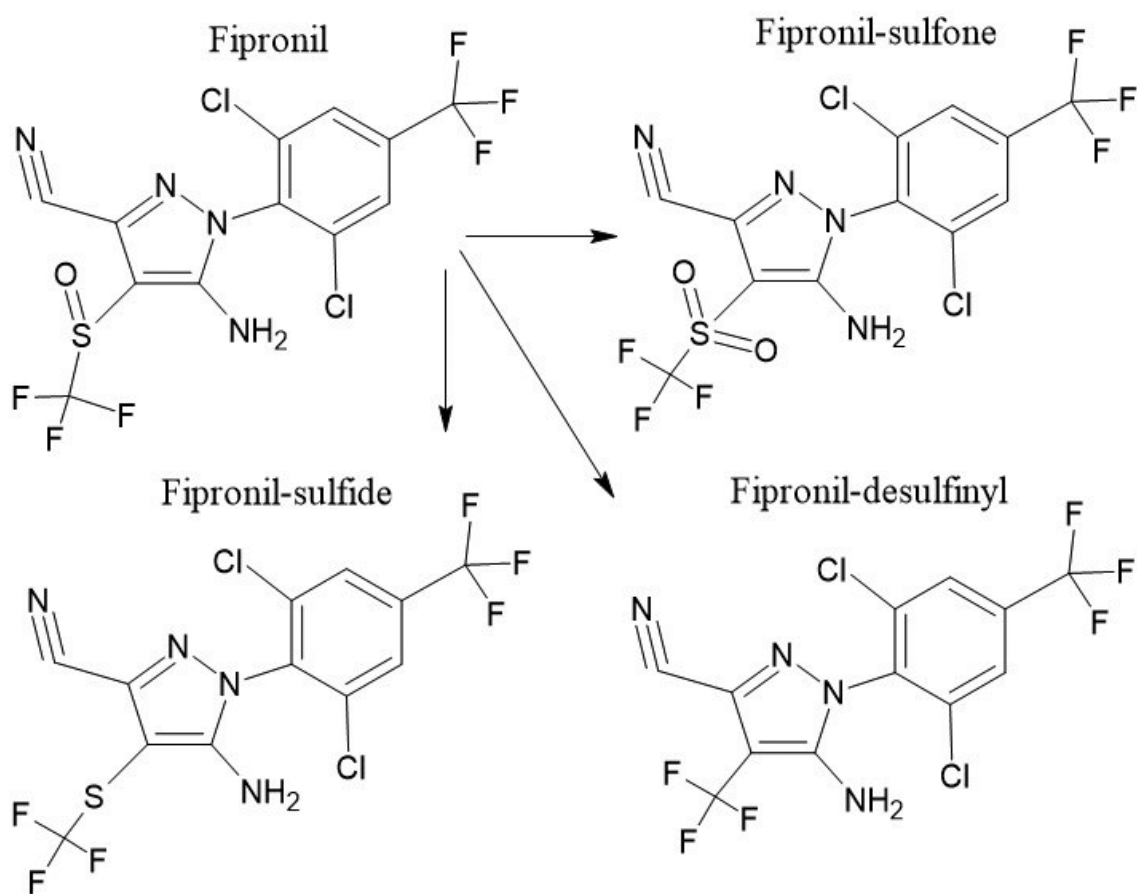


Рисунок 1 – Фипронил и его метаболиты фипронил-сульфон, фипронил-сульфид и фипронил-десульфинил

более активен в хлоридных каналах млекопитающих, чем в хлоридных каналах насекомых. Фипронил-десульфинил, основной метаболит фипронила в окружающей среде (продукт фотолиза), в 9–10 раз более активен в хлоридном канале млекопитающих, чем исходное соединение, и таким образом снижает селективность между насекомыми и млекопитающими [3, 4].

Возможное воздействие на нецелевые организмы объясняет необходимость разработки прецизионных методов определения концентраций фипронила и его основных метаболитов в различных объектах окружающей среды.

В представленной работе рассмотрены методические подходы к измерению концентраций фипронила и его основных метаболитов фипронил-сульфона, фипронил-сульфида и фипронил-десульфинила в воде с использованием концентрирующих патронов (картриджей) для твердофазной экстракции. Детектирование веществ, а также их качественный и количественный анализ выполнены методом капиллярной газожидкостной хроматографии с масс-селективным детектором.

Предельно допустимая концентрация фипронила в воде водоемов составляет 0,0005 мг/дм<sup>3</sup>. Современные аналитические методы измерения концентрации пестицидов в образцах воды основаны на применении широко представленных на рынке патронов для твердофазной экстракции. Благодаря тому, что для их наполнения используются сорбенты разных типов, возможно подобрать оптимальные условия для извлечения веществ различных химических классов. Также немаловажным преимуществом является возможность в процессе пробоподготовки концентрирования образца воды. Классический подход к экстракции образцов органическими растворителями, перераспределением в системе несмешивающихся растворителей и последующей очисткой экстракта с применением препаративных колонок также позволяет получать достоверные результаты. Детектирование с применением хроматографических методов дает возможность идентифицировать вещества с высокой селективностью и специфичностью.

В аналитических исследованиях использованы стандартные образцы фипронила (CAS No. 12006-37-3), фипронил-сульфона (CAS No. 120068-36-2), фипронил-сульфида (CAS No. 120067-83-6), фипронил-десульфинила (CAS No. 205650-65-3). Для экстракции исследуемых веществ образцы воды объемом 100 см<sup>3</sup> наносили на концентрирующие патроны, содержащие сорбент с привитыми моно-



функциональными неполярными группами C18 (Sep-Pac C18), со скоростью 1–2 см<sup>3</sup>, затем патроны промывали 10 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и высушивали под вакуумом. Аналит с патронов элюировали смесью гексан-изопропанол (3 : 1, по объему) — тремя порциями по 1 см<sup>3</sup>, после чего упаривали полученный экстракт на ротационном вакуумном испарителе при температуре бани не выше 35 °С почти досуха. Оставшийся растворитель отдували потоком теплого воздуха, сухой остаток растворяли в ацетоне. Идентификацию и количественное определение выполняли с использованием газового хроматографа «Agilent 7890B» с масс-селективным детектором «Agilent 5977A». Использованы следующие условия хроматографирования: температура испарителя: 270 °С; температура термостата колонки программированная, начальная температура — 110 °С, выдержка 1 мин, нагрев колонки со скоростью 15 градусов в минуту до температуры 200 °С, выдержка 3,5 мин, нагрев колонки со скоростью 40 градусов в минуту до температуры 220 °С, выдержка 5 мин; газ 1 (гелий): поток в колонке 1 см<sup>3</sup>/мин; давление — 11,1 psi; средняя линейная скорость — 37,5 см/сек; хроматографируемый объем: 1 мм<sup>3</sup>; температура ионного источника — 230 °С, квадруполь — 150 °С, переходной камеры — 280 °С. Для идентификации были выбраны следующие ионы с отношением «масса/заряд» (m/z): фипронил — 367 (количественный расчет), 351, 420; фипронил-сульфон — 383 (количественный расчет), 255, 452, фипронил-сульфид — 351 (количественный расчет), 255, 420, фипронил-десульфенил — 388 (количественный расчет), 333, 369.

Для подтверждения достоверности результатов исследований предварительно были проанализированы образцы с внесением действующего вещества и его метаболитов в двух точках по диапазону определяемых концентраций на уровне нижнего предела определения и 10 пределов количественного определения. Полученные результаты удовлетворяют требованиям к валидации метода: полнота извлечения — 86–108 % (средняя — 104,3 %), среднее квадратичное отклонение — менее 10 % [4].

В рамках эксперимента были проанализированы на содержание фипронила, фипронил-сульфона, фипронил-сульфида и фипронил-десульфенила более 100 образцов воды с добавкой фипронила в диапазоне от 0,005 до 0,2 мг/дм<sup>3</sup>, оставленных на хранение после проведения лизиметрического исследования. Обнаруженные содержания фипронила в образцах соответствовали добавочным количествам, при этом в образцах с содержанием фипронила более 0,04 мг/дм<sup>3</sup> также было обнаружено содержание фипронил-сульфида в диапазоне от 0,005 до 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. В трех образцах воды были обнаружены следовые количества фипронил-сульфона, из чего можно сделать вывод, что окисление фипронила в процессе метаболизма в воде может происходить медленнее, чем восстановление.

Апробированный на практике метод определения измерения концентраций инсектицида фипронила и его основных метаболитов фипронил-сульфона, фипронил-сульфида и фипронил-десульфенила, включающий проведение пробоподготовки на основе твердофазной экстракции с применением концентрирующих патронов Sep-Pac C18 с использованием капиллярной газожидкостной хроматографии с масс-селективным детектором для качественного и количественного анализа образцов, соответствует требованиям международных документов, регламентирующих аналитический контроль содержания остаточных количеств пестицидов и позволяет получать надежные данные. Проанализированные образцы оставлены на хранение при нормальных условиях для проведения дальнейших исследований с целью изучения биотрансформации фипронила в воде.

## Литература

1. Фипронил: химико-аналитическое обеспечение контроля безопасности пищевой продукции / А. Ю. Попова [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. — 2018. — № 4. — С. 10–14.
2. Илларионова, Е. А. Химико-токсикологический анализ пестицидов : учеб. пособие / Е. А. Илларионова, И. П. Сыроватский, А. Э. Митина ; Иркут. гос. мед. ун-т, Кафедра фармацевт. и токсикол. химии. — Иркутск : ИГМУ, 2022. — 51 с.
3. Conclusions of the Worldwide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning / J. P. van der Sluijs [et al.] // Environ. Sci. Pollut. Res. Int. — 2015. — Vol. 22, № 1. — P. 148–154.
4. Determination of fipronil and its metabolites in environmental water samples by meltblown nonwoven fabric-based solid-phase extraction combined with gas chromatography-electron capture detection / Qin Zhao [et al.] // Journal of Separation Science. — 2022 — Vol. 45, № 14. — P. 2663–2674.
5. SANTE 11312/2021 Analytical Quality Control and method validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed [Electronic resource]. — Mode of access: [https://www.eurl-pesticides.eu/docs/public/tmpl\\_article.asp?CntID=727](https://www.eurl-pesticides.eu/docs/public/tmpl_article.asp?CntID=727). — Date of access: 11.09.2023.

Поступила 15.09.2023

## ОРГАНИЗАЦИЯ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ СЛИЧЕНИЙ С ИЗМЕРЕНИЕМ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<sup>1</sup>Стерликов А. В., к.м.н., [asterlikov@mail.ru](mailto:asterlikov@mail.ru),

<sup>2</sup>Куриленко Ю. В., [gkurilenko@octava.info](mailto:gkurilenko@octava.info)

<sup>1</sup>Федеральное государственное унитарное предприятие Научно-технический центр радиационно-химической безопасности и гигиены Федерального медико-биологического агентства, г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Общество с ограниченной ответственностью «Производственно-коммерческая фирма Цифровые приборы», г. Москва, Россия

Важность межлабораторных сличительных испытаний (далее — МСИ) как средства мониторинга качества инструментальных исследований общеизвестна. Организация МСИ с прямыми измерениями физических факторов окружающей среды (далее — ФФ) с рассылкой образцов для проверки квалификации (далее — ОПК), как это делается для химических исследований, невозможна и требует иного подхода.

В настоящей статье обобщен опыт организации и проведения МСИ с прямыми измерениями ФФ, включая решение возникавших при этом проблем.

Вопросами межлабораторных сличений при измерении ФФ наши организации начали заниматься совместно в 2016 г. За истекшее время было проведено около 1500 МСИ. При организации МСИ были приняты во внимание стандарты ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 [1], ГОСТ ISO/IEC 17043-2013 [2], а также политика ILAC P9 06 2014 [3] и политика Росаккредитации в отношении проверки квалификации путем проведения межлабораторных сличительных (сравнительных) испытаний [4].

Проведение МСИ осуществлялось в рамках и в соответствии с правилами Системы добровольной сертификации (далее — СДС) «ФИЗФАКТОР-ТЕСТ», зарегистрированной Росстандартом. Провайдером МСИ в СДС «ФИЗФАКТОР-ТЕСТ» определено ООО «ПКФ Цифровые приборы».

В качестве нормативной основы использован подход с последовательным доступом участников к ОПК и сравнением результатов измерений участников МСИ с результатами референтной лаборатории, авторизованной СДС «ФИЗФАКТОР-ТЕСТ», с использованием показателя  $E_n$  [2]. При организации МСИ учитывались положения методических рекомендаций, утвержденных Федеральным медико-биологическим агентством [5].

ОПК при проведении МСИ с измерением ФФ служили специально разработанные испытательные стенды — физические модели факторов окружающей среды. Они обеспечивали имитацию источников ФФ в пределах, необходимых для проведения измерений [2]. В ряде стендов с целью обеспечения стабильности уровня генерации измеряемого фактора использованы системы управления с обратной связью.

Испытательные стенды обеспечивали соблюдение следующих требований, необходимых для проведения МСИ:

- 1) генерация измеряемого показателя с уровнем, обеспечивающим его надежное измерение, по возможности типичным для реальных сфер применения;
- 2) стабильность уровня генерируемого ФФ с сохранением установленного приписанного значения в интервале времени, требуемого для проведения МСИ;
- 3) возможность при необходимости изменять уровень генерируемого фактора.

Испытательные стенды имеют паспорт, инструкцию по эксплуатации. Все стенды были аттестованы в системе СДС «ФИЗФАКТОР-ТЕСТ». Для этого было проведено значительное количество измерений, оценена стабильность генерации ФФ, установлены приписанное значение измеряемого показателя для каждого стенда и его расширенная неопределенность. На испытательные стенды оформлены свидетельства об аттестации.

В настоящее время имеющиеся испытательные стенды обеспечивают проведение МСИ с изменением следующих показателей ФФ:

- уровень звука от источника звука;
- уровень звука в контрольной точке;
- уровень воздушного ультразвука в контрольной точке;
- уровень локальной вибрации от механизированного инструмента;
- уровень общей вибрации;
- температура и влажность воздуха;

- скорость движения воздуха в контрольной точке;
- скорость движения воздуха в воздуховоде;
- напряженность электростатического поля;
- напряженность электрического поля с частотой 50 Гц;
- напряженность электрического поля с частотой 10–30 кГц;
- напряженность постоянного магнитного поля;
- напряженность магнитного поля с частотой 50 Гц;
- напряженность магнитного поля с частотой 10–30 кГц;
- освещенность и коэффициент пульсаций;
- интенсивность инфракрасного излучения;
- интенсивность ультрафиолетового излучения;
- облученность, создаваемая лазерным излучением.

Прорабатывается возможность создания ОПК для проведения МСИ с измерением параметров электромагнитного поля в радиочастотном диапазоне (> 30 кГц).

Для каждого вида измерений разработаны программы МСИ. Измерения ФФ являются в основном прямыми и выполняются в соответствии с методиками, изложенными в руководстве по эксплуатации средств измерений. При этом для ряда МСИ были специально разработаны и аттестованы методики измерений. В настоящее время работа по созданию специализированных методик измерений для целей МСИ продолжается.

Проведение МСИ включает следующие этапы:

1) оформление заявки и выбор даты МСИ. Межлабораторные сличения по измерениям физических факторов в СДС «ФИЗФАКТОР-ТЕСТ» проходят очно в г. Москва. Для записи на МСИ необходимо заполнить заявку и прислать нам по электронной почте. В заявке следует указать желаемые даты МСИ. Окончательно дата МСИ назначается по согласованию между провайдером (координатором МСИ) и участниками и прописывается в договоре. При принятии заявки координатором каждому сличительному испытанию присваивается уникальный код-шифр;

2) вводный инструктаж. В рамках вводного инструктажа специалисты лабораторий-участников (до 3 человек) знакомятся с правилами пребывания в испытательных помещениях и с методикой измерений, выбранной для МСИ. Кроме того, специалисты лабораторий — участников МСИ имеют возможность получить консультацию по применению средств измерений, производимых объединением Октава-ЭлектронДизайн;

3) измерения референтной лаборатории. Референтная лаборатория назначается координатором МСИ в соответствии с правилами функционирования СДС «ФИЗФАКТОР-ТЕСТ»;

4) измерения лабораторий — участников МСИ. При наличии нескольких лабораторий-участников измерения проводятся поочередно. Измерения проводятся по программам и аттестованным методикам;

5) оформление рабочих протоколов измерений и акта об участии в МСИ осуществляется сразу после завершения измерений;

6) оформление официальных протоколов измерений и свидетельства об участии в МСИ (не требует присутствия представителей лабораторий-участников) осуществляется в течение 5–10 рабочих дней после завершения измерений;

7) внесение информации об итогах МСИ в реестр СДС «ФИЗФАКТОР-ТЕСТ». При публикации результатов название лабораторий-участников не указывается. Для соблюдения конфиденциальности идентификация результатов осуществляется по уникальному коду-шифру.

По итогам участия в межлабораторных сличениях оформляются следующие документы:

- акт об участии в МСИ — составляется в день проведения измерений;
- официальные протоколы МСИ с указанием результатов измерений лабораторий-участников, референтной лаборатории и количественных показателей характеристик функционирования лабораторий-участников по ГОСТ ISO/IEC 17043-2013;
- свидетельство об участии в МСИ с указанием видов измерений и количественных показателей характеристик функционирования.

Созданная на базе СДС «ФИЗФАКТОР-ТЕСТ» система внешнего контроля качества исследований физических факторов неионизирующей природы в испытательных лабораториях успешно функционирует и развивается. Оценка качества исследований испытательных лабораторий осуществляется по результатам измерений, проведенных в процессе МСИ, с использованием критерия *En*.

В подавляющем числе случаев результат МСИ позволял оценить характеристику функционирования лаборатории-участника как удовлетворительную. Однако в ряде случаев имело место не-

совпадение результатов измерений участников МСИ и результатов референтной лаборатории, а также несоответствие значений, полученных участником МСИ, приписанным значениям измеренного показателя для ОПК. Причинами этого были:

а) плохая подготовка специалистов и недостаточно ответственный подход к участию в МСИ. При этом наблюдались:

- отсутствие необходимого оборудования (средств измерений (далее — СИ) для измерений параметров окружающей среды, соединительных кабелей, калибраторов, микрофонов) или использование неподходящих моделей;

- разряженные источники питания приборов;

- неумение работать с приборами (неумение установить правильно режим работы СИ, внести результаты в память прибора, учесть поправки на неравномерность характеристики измерительного микрофона и т.д.);

- незнание теории МСИ, порядка проведения МСИ, методик измерений, обработки и оценки полученных данных;

б) скрытая неисправность СИ. То, что прибор, прошедший поверку, выдает неверные значения измеряемого показателя, выявлялось в процессе МСИ, и специалист самостоятельно определить это не мог.

В целях уменьшения количества факторов, отрицательно влияющих на результаты МСИ, в правилах МСИ, опубликованных на сайте компании ООО «ПКФ Цифровые системы», перечислены требования к СИ, которые могут быть использованы участниками МСИ, включая их типы, и для шумомеров типы микрофонов и калибраторов. Перед МСИ участникам направляются методики измерений (далее — МИ) и программы МСИ.

В дальнейшем в оценку результатов МСИ предполагается включить экспертную оценку готовности участника к проведению измерений, включая обеспеченность и состояние СИ.

Таким образом, в 2016 г. начала функционировать система МСИ с проведением прямых измерений ФФ неионизирующей природы, в основу которой положены требования ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 и ГОСТ ISO/IEC 17043-2013. За истекший период накоплен большой опыт проведения МСИ, и система получила значительное развитие на основе СДС «ФИЗФАКТОР-ТЕСТ». В настоящее время обеспечивается проведение межлабораторных сличений по подавляющему большинству измерений ФФ. Продолжаются развитие материальной базы системы и разработка МИ для проведения МСИ.

В силу особенностей прямых измерений ФФ в оценку результатов межлабораторных сличений целесообразно включить экспертную оценку готовности участника к проведению измерений и соблюдения МИ и обработки результатов измерений.

Как показывает наш опыт, участие в МСИ весьма важно для специалистов как элемент повышения их квалификации, так как в процессе сравнительных измерений многие из них получают дополнительные знания, что в том числе влияет и на их самооценку. Это отмечали многие участники МСИ.

## Литература

1. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. — Введ. 01.09.2019. — М. : Стандартинформ, 2021. — 31 с.

2. ГОСТ ISO/IEC 17043-2013. Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации. — Введ. 01.03.2015. — М. : Стандартинформ, 2020. — 41 с.

3. ИЛАС Р9:06/2014. Политика ИЛАС по участию в деятельности по проверке квалификации : пер. с англ. / Росстандарт ; ФГУП «Стандартинформ». — М., 2021. — 10 с.

4. СМ № 03.1-1.0008. Политика Росаккредитации в отношении проверки квалификации путем проведения межлабораторных сличительных (сравнительных) испытаний. Версия 02. Апрель 2021 г. — М., 2021. — 10 с.

5. МР 4.4.76-18. Организация и проведение межлабораторных сличительных испытаний для прямых измерений на объектах окружающей среды в организациях и учреждениях, находящихся в ведении ФМБА России : метод. рекомендации : утв. Гл. гос. санитар. врачом 15.10.2018. — М., 2018. — 37 с.

Поступила 25.08.2023

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МАТРИЧНОЙ ТВЕРДОФАЗНОЙ ДИСПЕРСИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ

Федорова Н. Е., д. б. н., *analyt1@yandex.ru*,

Добрева Н. И., к. б. н.,

Горячева Л. В., к. б. н.,

Сулова А. В.

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

В течение последних двух десятилетий наблюдается активное развитие и внедрение «зеленых» аналитических методологий как более экологичных и устойчивых альтернатив классическим процедурам пробоподготовки, направленных на повышение селективности и чувствительности аналитических методов, при одновременном снижении вредных побочных эффектов классических методов дериватизации, экстракции и очистки как для оператора, так и для окружающей среды. Большинство действующих аналитических методов нельзя считать экологичными, и они нуждаются в полном пересмотре и отмене либо в определенных улучшениях за счет исключения токсичных реагентов, сокращения использования реагентов и энергии и повышения безопасности оператора.

Хлороорганические пестициды (далее — ХОП) дихлордифенил трихлорметилметан (далее — ДДТ) и гексахлорциклогексан (далее — ГХЦГ), известные как одни из первых глобальных загрязнителей, вошедших в перечень Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, являются канцерогенными как для животных, так и для человека, поэтому последние десятилетия им уделяется большое внимание — во всем мире за последние 50 лет разработаны сотни методов контроля как объектов окружающей среды, так и пищевой продукции. В Российской Федерации также проводится обязательный контроль за содержанием ХОП в этих матрицах. В рационе человека основными источниками ХОП является прежде всего продукция животного происхождения, такая как мясо и мясопродукты, молоко и молочная продукция, жиры и масла. При этом анализ существующих действующих методов показывает, что многие из них не соответствуют современным требованиям так называемой «зеленой химии», а именно, при реализации данных методов необходимо использовать как большую навеску продукта, так и огромные количества токсичных органических растворителей. Подготовка проб к анализу может занимать несколько дней. В то же самое время большинство лабораторий, проводящих исследования безопасности продукции, оснащены современным высокоточным оборудованием.

Целью данной работы была разработка метода, позволяющего проведение анализа ХОП в практически любом виде продукции животного происхождения, в том числе жире и масле. При этом метод должен соответствовать критериям «зеленой химии», а именно: при высокой чувствительности и селективности использовать малые количества органических растворителей и химикатов, иметь низкую продолжительность анализа и, соответственно, низкую себестоимость. Метод QuEChERS при его адаптации к продукции животного происхождения, особенно с высоким содержанием жира, показал ряд недостатков — в частности, низкую степень извлечения ХОП, сильные матричные эффекты, слабую очистку экстрактов, требующую введения дополнительных этапов очистки от жиров.

На основе анализа литературных источников было сделано заключение, что в настоящее время для жиросодержащей продукции наиболее перспективным является метод матричной твердофазной дисперсии (далее — МТФД), представляющий собой разрушение и диспергирование анализируемого образца совместно с подходящим сорбентом с целью получения сыпучей сухой смеси. МТФД представляет собой запатентованный процесс, о котором впервые было сообщено в 1989 г., для проведения одновременного разрушения и экстракции твердых и полутвердых образцов [1]. МТФД обеспечивает полное фракционирование компонентов матрицы образца, а также возможность селективного элюирования одного соединения или нескольких классов соединений из одного и того же образца. Данный подход использован в том числе для определения пестицидов в отдельных видах пищевой продукции.

В 2001 г. авторами Austin R. Long, Maher M. Soliman, Steven A. Barker представлен многокомпонентный метод экстракции и количественного определения с помощью газового хроматографа, оснащенного электронно-захватным детектором (далее — ГХ-ЭЗД), девяти инсектицидов (линдан,

гептахлор, альдрин, эпоксид гептахлора, п, п'-ДДЭ, дильдрин, эндрин, п, п'-ТДЭ и п, п'- ДДТ) в говяжьем жире. Порции говяжьего жира массой 0,5 г смешивали с 2 г сорбента С18 (силикагель с привитыми октадецильными группами). Смесь С18/жировая матрица помещали в цилиндр шприца на 10 мл, содержащий 2 г активированного флоризила. Затем инсектициды элюировали из колонки 8 мл ацетонитрила, далее порцию ацетонитрильного элюата объемом 2 мкл непосредственно анализировали с помощью газовой хроматографии с электронно-захватным детектированием [2].

Исследователи Yalin Cao и др. в 2015 г. представили новый метод, основанный на МТФД в сочетании с жидкостной хроматографией и тандемной масс-спектрометрией, который был разработан для качественного и количественного определения 16 пестицидов (5 карбаматов, 4 фосфорорганических и 7 пиретроидов) в различных сортах чая. Для повышения эффективности экстракции и очистки применяли матричный сорбент-диспергатор и сорбенты для дополнительной очистки. Поливинилпирролидон (далее — PVPP), первичные-вторичные амины (далее — PSA) и графитизированная сажа (далее — GCB) были введены в качестве дополнительных очищающих сорбентов, помещенных на дне колонки для удаления совместно элюирующихся компонентов матрицы [3].

Греческие ученые Valsamaki V. I. и др. в 2006 г. опубликовали многокомпонентный метод определения 20 хлорорганических пестицидов (альдрин, эндрин, дильдрин,  $\alpha$ -ГХБ,  $\beta$ -ГХБ,  $\gamma$ -ГХБ,  $\delta$ -ГХБ,  $\alpha$ -хлордан,  $\gamma$ -хлордан, 4,4'-ДДЭ, 4,4'-ДДТ, 4,4'-ДДД, эндосульфат I, эндосульфат II, сульфат эндосульфана, альдегид эндрина, гептахлор, эпоксид гептахлора, кетон эндрина и метоксихлор) и 8 полихлорированных бифенилов (далее — ПХБ) в куриных яйцах. Образцы экстрагировали методом МТФД с использованием флоризила в качестве сорбента и дихлорметана / гексана (1 : 1) в качестве элюирующей системы. Дальнейшую очистку экстрактов проводили концентрированной серной кислотой. Определение и количественный анализ остатков ПХБ и ХОП проводили с ГХ-ЭЗД. Для подтверждения полученных результатов использовали масс-спектрометрический детектор в режиме мониторинга выбранных ионов [4].

Новый одностадийный метод экстракции и очистки для выделения 26 ХОП, трех пиретроидных пестицидов (далее — ПП) и шести ПХБ из жирных пищевых продуктов животного или растительного происхождения был разработан в 2007 г. Kodba, Z. C. из Словении. Способ включает гомогенизацию экстрагированного жирного продукта и кизельгура. Разделение осуществляли с помощью минипипетки Пастера, в которой экстракцию методом матричной твердофазной дисперсии проводили всего с 5 мл диметилсульфоксида в качестве элюирующего растворителя. Пипетку Пастера присоединяли к предварительно заполненной суспензией сорбента флорисил, дезактивированного водой до 15 %, колонке, где последовательно проводили жидкостно-жидкостную экстракцию и адсорбционную хроматографию. Элюирование ХОП, ПП и ПХБ проводили смесью н-гексан/диэтиловый эфир. Извлечение ПХБ составляло от 81 до 86 %, а ХОП — от 68 до 94 %, за исключением  $\beta$ -ГХЦГ, восстановление которого было более низким и более изменчивым. Для ПП извлечение превышало 80 %. Для измерений использован газовый хроматограф с двумя колонками, подключенными к двум детекторам электронного захвата [5].

Анализ литературных источников, которые частично представлены выше, показывает, что проблемы устаревших «классических методов» актуальны для всего международного сообщества и исследователи последнее десятилетие разрабатывают и внедряют альтернативные современные методы, позволяющие проводить в обычной лаборатории мониторинг большого количества продукции на показатели безопасности, в частности на хлорорганические пестициды.

В Российской Федерации в соответствии с техническим регламентом Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (далее — ТР ТС 021/2011) нормирование ХОП осуществляется по сумме изомеров ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -) ГХЦГ и сумме 4,4'-ДДТ и его метаболитов 4,4'-ДДЭ и 4,4'-ДДД. Для пищевой продукции данный норматив варьирует от 1,0 мг/кг до 0,01 мг/кг (для отдельных видов пищевой продукции для детского питания). В единичном случае для ГХЦГ ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -изомеры) установлен норматив 1,25 мг/кг (в пересчете на жир) для масла, пасты масляной из коровьего молока, молочного жира и т. п.

В отличие от продукции растительного происхождения сырье и продукты животного происхождения (мясо и мясные продукты, яйца и продукция из яиц, молоко и молочные продукты) представлены значительно шире по своим структурно-механическим свойствам: жидкие, вязкие, пастообразные, полутвердые и твердые, сухие, сыпучие порошкообразные.

Использование метода МТФД, который состоит в одновременном разрушении и экстракции твердых и полутвердых образцов, обеспечивает полное фракционирование компонентов матрицы образца, а также возможность селективного элюирования одного соединения или нескольких клас-

сов соединений из одного и того же образца послужила отправной точкой для классификации продукции животного происхождения при разработке методики именно по их структурно-механическим свойствам.

Учитывался также ингредиентный состав продуктов (вода, жир, белок, углеводороды), но проведенные исследования показали, что данные показатели не оказывают существенного влияния на стабильность и воспроизводимость разрабатываемого метода.

На основе предложенного критерия пищевое сырье и продукция животного происхождения были классифицированы на 4 группы в соответствии с их структурно-механическими свойствами.

Принимая во внимание сложность отработки процедуры анализа и валидации методики на полном перечне продукции, из каждой группы были выделены типичные для группы образцы продукции, которые и использованы при разработке метода.

**Группа А. Жидкие, имеющие мелкодисперсную структуру и высокое содержание воды:** сырое молоко, сырое обезжиренное молоко, сырые сливки; питьевое молоко и питьевые сливки, пахта, сыворотка молочная, молочный напиток. Типичные представители группы, выбранные для анализа: молоко питьевое 3,2 %, сливки питьевые 10 %.

**Группа Б. Вязкие и пастообразные продукты, имеющие мелкодисперсную структуру:**

- яйца и жидкие яичные продукты (меланж, белок, желток). Для анализа взяты **яйца сырые**;
- жир-сырец говяжий, свиной, бараний и других убойных животных, шпик свиной и продукты из него и т.п. Для анализа использован жир-сырец свиной;
- жидкие кисломолочные, сметана, молочные составные продукты на их основе и т.п. Анализ выполняли на йогурте;
- молоко, сливки, пахта, сыворотка, молочные продукты, молочные составные продукты на их основе, концентрированные и сгущенные с сахаром и т.п. Типичный представитель — молоко сгущенное с сахаром 8,5 %;
- мороженое молочное, сливочное, пломбир, с растительным жиром и т.п. Для анализа взяты сливки для взбивания 33 %, мороженое пломбир 15 %;
- масло, паста масляная из коровьего молока, молочный жир; сливочно-растительный спред и т.п. Типичный представитель — масло сливочное 82,5 %.

**Группа В. Продукты животного происхождения, требующие измельчения и диспергирования (полутвердые и твердые), имеющие высокое содержание воды и/или жира (не сыпучие):**

- мясо, в том числе полуфабрикаты, колбасные изделия, продукты из мяса всех видов убойных животных, кулинарные изделия из мяса; консервы из мяса, и т.п. Для анализа взяты котлета из свинины (полуфабрикат), говядина;
- субпродукты убойных животных (печень, почки, язык, мозги, сердце), шкурка свиная, кровь пищевая и продукты ее переработки; продукты мясные с использованием субпродуктов (паштеты, ливерные колбасы, зельцы, студни и др.) и крови и т.п. Процедура воспроизведена на паштете из печени и свиных шкурок;
- мясо птицы, в том числе полуфабрикаты; колбасные изделия, копчености, кулинарные изделия с использованием мяса птицы; консервы птичьи и т.п. Типичный представитель — курятина;
- сыры, сырные продукты, сырны пасты, соусы; творог, творожная масса, творожные продукты, молочные составные продукты на их основе и т.п. Типичный представитель — сыр твердый Швейцарский 45 %.

**Группа Г. Сухие продукты животного происхождения (высушенные или сублимированные) и/или сыпучие порошкообразные продукты с низким содержанием воды, требующие смачивания, измельчения и диспергирования:**

- мясо сублимационной и тепловой сушки; яичные продукты сухие (яичные порошок, белок, желток) и т.п. Типичный представитель — яичный порошок (меланж);
- продукты молочные, молочные составные сухие, сублимированные; концентраты молочных белков и т.п. Типичный представитель — сухая молочная смесь для детского питания.

Процедура определения содержания ХОП в пищевой продукции методом МТФД включает ряд последовательных этапов.

*Этап 1.* Диспергирование образца исследуемой продукции. В фарфоровую ступку помещают предварительно гомогенизированный образец (жидкий, вязкий или твердый) и смешивают с сорбентом флоризилом до получения мелкодисперсного сыпучего порошка. Полученный порошок помещают в контейнер с плотно закрывающейся крышкой.

*Этап 2.* МТФД. В качестве мини-колонки (патрона) для МТФД используют шприц медицинский одноразовый. На выход шприца в качестве фритты вставляют стекловату и мембранный фильтр для

удержания сорбента и подготовленного образца. На дно мини-колонки помещают флоризил. Далее в мини-колонку вносят аликвоту образца. Элюируют ХОП смесью гексан / дихлорметан (1 : 1). Элюат собирают в круглодонную колбу и выпаривают из элюата дихлорметан в вакууме на ротационном испарителе. Остаток элюата переносят в полипропиленовую центрифужную пробирку с завинчивающейся крышкой.

*Этап 3.* Очистка экстракта  $H_2SO_4$  (конц.). К объединенному элюату добавляют  $H_2SO_4$ . Центрифужную пробирку помещают на аппарат для встряхивания на 10 мин (вихревой шейкер типа Вортекс), затем центрифугируют (5–10 мин, 2500–3000 об/мин, 20 °С) до получения четкой границы раздела жидкостей. Отбирают верхний гексановый слой в колбу с коническим дном вместимостью 50 см<sup>3</sup>. Объединенный очищенный экстракт упаривают досуха в вакууме на ротационном испарителе, разбавляют гексаном.

Для обеспечения высокой достоверности и необходимого предела определения для измерений использован метод газовой хромато-масс-спектрометрии. Исследования выполнены на газовом хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000.2» с масс-спектрометрическим детектированием в режиме мониторинга выбранных ионов. Использована капиллярная кварцевая колонка DB 1701P, длиной 30 м, внутренним диаметром 0,25 мм, неподвижная фаза: поперечно-связанный и молекулярно-сшитый полимер (14%-цианопропил-фенил)-метилполисилоксан, толщина пленки неподвижной фазы 0,25 мкм.

Эффективность предложенного метода подтверждается результатами экспериментальных исследований по оценке полноты извлечения ХОП с учетом всех этапов пробоподготовки, выполненных на 16 модельных образцах пищевой продукции животного происхождения с внесением веществ на 4 уровнях по диапазону измеряемых концентраций внесения. Полнота извлечения варьирует в диапазоне 85–100%. Среднее квадратичное отклонение повторяемости не превышает 8%.

На основе выполненных исследований разработан метод определения остаточных количеств хлорорганических пестицидов 4,4'-ДДТ, его метаболитов 4,4'-ДДЭ и 4,4'-ДДД и ГХЦГ ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -изомеры) в отдельных видах пищевой продукции и сырья животного происхождения, ориентированный на контроль соответствия пищевой продукции требованиям законодательства Евразийского экономического союза о техническом регулировании. Диапазон измеряемых концентраций хлорорганических пестицидов (0,01–1,0 мг/кг) позволяет контролировать содержание веществ во всех группах пищевой продукции животного происхождения, выделенных в ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», включая продукцию для детского питания.

Предложенная схема анализа позволяет с высокой степенью информативности определять концентрацию ХОП и других органических соединений в широком перечне пищевой продукции и продовольственного сырья, устойчивых к обработке концентрированной серной кислотой, и обеспечивать санитарно-гигиенический контроль за содержанием этих веществ.

## Литература

1. *Barker, S. A.* Matrix solid-phase dispersion / S. A. Barker // Journal of Chromatography A. — 2000. — Vol. 885, № 1–2. — P. 115–127.
2. *Long, A. R.* Matrix Solid Phase Dispersion (MSPD) Extraction and Gas Chromatographic Screening of Nine Chlorinated Pesticides in Beef Fat / A. R. Long, M. M. Soliman, S. A. Barker // Journal of Association of Official Analytical Chemists. — 1991. — Vol. 74, № 3. — P. 493–496.
3. Determination of paraben preservatives in seafood using matrix solid-phase dispersion and on-line acetylation gas chromatography-mass spectrometry / R. Djatinika [et al.] // J. Chromatogr. B. — 2016. Vol. 1036. — P. 93.
4. Determination of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in chicken eggs by matrix solid phase dispersion / V. I. Valsamaki [et al.] // Analytica Chimica Acta. — 2006. — Vol. 573–574. — P. 195–201.
5. *Kodba, Z. C.* A Rapid Method for the Determination of Organochlorine, Pyrethroid Pesticides and Polychlorobiphenyls in Fatty Foods Using GC with Electron Capture Detection / Z. C. Kodba, D. B. Vončina // Chroma. — Vol. 66. — P. 619–624.

Поступила 13.09.2023



# РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ВОДНЫХ СРЕДАХ БЕНЗ(А)ПИРЕНА, СОДЕРЖАЩЕГОСЯ В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ ПАРАФИНОВ И ВОСКОВ, А ТАКЖЕ В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ РЕЗИНО-ЛАТЕКСНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

*Чеботкова Д. В., chromatographic@rspch.by,  
Крымская Т. П., chromatographic@rspch.by,  
Лебединская К. С., chromatographic@rspch.by,  
Станишевская П. А., chromatographic@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Полициклические ароматические углеводороды (далее — ПАУ) состоят из двух или более конденсированных бензольных колец в линейном, угловом или кластерном расположении и характеризуются повсеместным распространением в окружающей среде. В основном бенз(а)пирен и другие ПАУ образуются в результате неполного сгорания или пиролиза органических материалов, таких как нефть, дизельное топливо, древесина и органические отходы, а также в результате промышленных процессов, связанных с производством кокса и нефтепереработкой.

Бенз(а)пирен, включающий пять бензольных колец, является канцерогенным веществом, повреждающим репродуктивную систему, вызывающим рак кожи и легких, заболевания верхних отделов желудочно-кишечного тракта, атеросклероз и бесплодие. Токсичность бенз(а)пирена главным образом определяется реакционной способностью промежуточных продуктов, которые взаимодействуют с макромолекулами, что приводит к изменениям в структуре и функциях клеток. Бенз(а)пирен также является маркером уровня канцерогенных ПАУ в пробах окружающей среды. Попадает в почву через осадки, накапливается в основном в гумусовом слое почвы и может поглощаться корнями растений и, таким образом, поступать в организм человека с рационами. В каждом новом звене трофической цепи содержится больше бенз(а)пирена чем в предыдущем. Способность бенз(а)пирена к биоаккумуляции приводит к накоплению вещества в тканях растений, организме человека и животных.

Основными методами определения бенз(а)пирена являются обращенно-фазовая высокоэффективная жидкостная хроматография (далее — ВЭЖХ) с флуориметрическим (далее — ФЛД), ультрафиолетовым или масс-спектроскопическим детектированием (далее — МС) и газовая хроматография с масс-селективным и пламенно-ионизационным детектированием [1, 2]. В научной литературе рассматриваются также другие методы определения бенз(а)пирена. Известны методы электрохимического и вольтамперометрического определения.

Из группы современных инструментальных хроматографических методов анализа бенз(а)пирена и других ПАУ газо-жидкостная хроматография и газовая хроматография с масс-детектированием не удовлетворяют требованиям мягкости воздействия на анализируемое вещество, поскольку переход анализируемых соединений в газовую фазу в рамках этих методов происходит при температуре 270–325 °С. При этом возникает возможность термического разложения, а в ряде случаев каталитического превращения компонентов пробы, искажающих результаты анализа. Возможно протекание гетерогенных каталитических процессов образования ПАУ из простых углеводов.

Из современных хроматографических методов наиболее мягким по воздействию на бенз(а)пирен является метод ВЭЖХ, в котором анализ проходит при комнатных температурах или близких к ним.

В качестве методов определения бенз(а)пирена применяли ВЭЖХ/ФЛД и ВЭЖХ/МС. Использование высокочувствительного метода ВЭЖХ/МС весьма затруднительно ввиду высокой стоимости оборудования. Преимуществами метода ВЭЖХ/ФЛД являются простота и доступность, что делает его предпочтительным при разработке методики.

Цель работы — разработка параметров хроматографического определения в водных средах бенз(а)пирена, содержащегося в изделиях из парафинов и восков, а также в изделиях из резино-латексных композиций.

Объекты исследований — градуировочные растворы бенз(а)пирена, водные вытяжки из изделий из парафинов и восков, а также из изделий из резино-латексных композиций с добавлением стандартного раствора бенз(а)пирена в качестве модельных объектов.

При проведении исследования применяли высокоэффективный жидкостной хроматограф Survevor Plus (Thermo Fisher Scientific, США) с флуоресцентным детектором; колонка хроматографическая Zorbax Eclipse XDB C18, длина 150 мм, внутренний диаметр 4,6 мм, зернение 5 мкм (Agilent Technologies, США).

В исследовании использовались следующие реагенты: бенз(а)пирен аналитический стандарт с массовой долей основного вещества не менее 99,99% согласно сертификату анализа (Supelco, США); натрий сернокислый безводный, х. ч.; ацетонитрил HPLC PLUS Gradient grade с массовой долей основного вещества более 99,9% (Carlo Erba Reagents, Франция); гексан HPLC PLUS Gradient grade с массовой долей основного вещества более 96% (Carlo Erba Reagents, Франция); вода деионизированная высокой степени чистоты с удельным сопротивлением 18,2 МОм × см при 25 °С.

Пробу водной вытяжки объемом 100 см<sup>3</sup> экстрагируют 3 мин в делительной воронке дважды, используя 15 см<sup>3</sup> гексана на каждую экстракцию. Объединенные экстракты собирают в грушевидную колбу для отгонки растворителя через слой безводного сульфата натрия, упаривают на ротационном испарителе при температуре водяной бани не выше 40 °С до объема 0,3–0,4 см<sup>3</sup> и выдувают в токе воздуха досуха. Сухой остаток в колбе заливают 0,5 см<sup>3</sup> ацетонитрила и хроматографируют.

Элюирование проходило в изократическом режиме со скоростью потока 0,5 см<sup>3</sup>/мин. В качестве подвижной фазы использовали смесь ацетонитрил : вода — 98 : 2 (по объему). Температура термостата колонки — 35 °С. Объем вводимой пробы — 10 мкл. Длины волн возбуждения и эмиссии для обнаружения флуоресценции были установлены на 290 и 430 нм соответственно.

Существует несколько факторов, влияющих на хроматографическое разделение и количественное определение органических соединений: неподвижная фаза, длина и температура колонки. Учитывая, что наибольшая эффективность разделения ПАУ может быть достигнута с помощью колонок, неподвижная фаза которых состоит из октадецильной группы C18 (неполярное соединение), этот вид колонок был выбран основным.

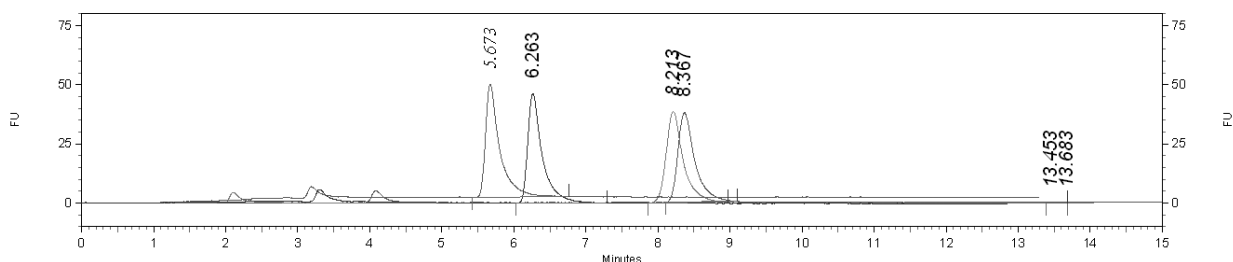
Другими параметрами, влияющими на разделение и количественное определение органических веществ, являются сила и тип подвижной фазы. В качестве органического растворителя в подвижной фазе был выбран ацетонитрил. Кроме того, в бинарной системе использовалась деионизированная вода.

В эксперименте были использованы четыре хроматографические колонки с разной длиной и привитыми фазами: Hypersil GOLD C18 (длиной 250 мм, диаметром 4,6 мм с зернением 3 мкм), производства «Agilent Technologies» (США); Zorbax Eclipse XDB-C18 (длиной 150 мм, диаметром 4,6 мм с зернением 5 мкм), производства «Agilent Technologies» (США); NUCLEODUR-C18 Pyramid (длиной 250 мм, диаметром 4,6 мм с зернением 5 мкм) производства «Macherey-Nagel Gmb H&Co. KG» (Германия); Zorbax Eclipse PAH (длиной 100 мм, диаметром 4,6 мм с зернением 5 мкм) производства «Agilent Technologies» (США). Сравнительные характеристики хроматографических колонок приведены в таблице 1 и рисунке 1.

Таблицы 1 — Сравнительная характеристика хроматографических колонок

Наименование колонки	Время удерживания, R <sub>t</sub> , мин	Площадь пика, S	Коэффициент асимметрии, A <sub>10</sub>	Число теоретических тарелок, N, т. т.
Hypersil GOLD	6,04	2706694	1,88	4 692
Zorbax Eclipse XDB-C18	8,37	2479019	1,56	6 367
NUCLEODUR-C18 Pyramid	5,67	2720928	1,90	4 964
Zorbax Eclipse PAH	8,21	2603357	1,42	6 318

Как видно из таблицы 1, величины коэффициентов асимметрии (A<sub>10</sub>), находились в диапазоне от 1,42 до 1,90, что свидетельствует о наличии небольших «хвостов» у пиков, не мешающих надежному определению, но большая асимметрия наблюдается у колонок Hypersil GOLD и NUCLEODUR-C18 Pyramid. Время удерживания, а также длина анализа для бенз(а)пирена увеличивается в ряду: NUCLEODUR-C18 Pyramid > Hypersil GOLD > Zorbax Eclipse PAH > Zorbax Eclipse XDB-C18. Проведенные эксперименты показали возможность использования для определения бенз(а)пирена любой из рассмотренных выше хроматографических колонок, число теоретических тарелок варьировалось от 4600 до 6300, что свидетельствует о большом количестве установившихся равновесий и высокой эффективности представленных колонок. Нами предлагается использовать колонку Zorbax Eclipse XDB C18. Данная колонка позволяет с высокой селективностью, чувствительностью и эффективностью, которая выражается большим числом теоретических



**Рисунок 1** – Хроматограммы стандартного раствора бенз(а)пирена при использовании различных хроматографических колонок

тарелок, определять бенз(а)пирен, а также имеет неплохую асимметрию пиков по сравнению с Hypersil GOLD и NUCLEODUR-C18 Pyramid.

Что касается силы подвижной фазы, то по мере увеличения количества ацетонитрила время удерживания анализируемого вещества уменьшалось. Поскольку бенз(а)пирен обладает высокой гидрофобностью и элюируется последним, в качестве подвижной фазы необходимо использовать высокое содержание ацетонитрила (таблица 2). Также с увеличением количества водного компонента в составе подвижной фазы происходит уменьшение высоты и уширение пика бенз(а)пирена, что свидетельствует о снижении эффективности хроматографической системы.

**Таблица 2** – Влияние состава подвижной фазы на хроматографическое поведение пика бенз(а)пирена

Соотношение подвижных фаз ацетонитрил : вода	Время удерживания, $R_f$ , мин	Площадь пика, S	Коэффициент асимметрии, $A_{10}$	Высота пика, h	Число теоретических тарелок, N, т. т.
98/2	8,37	2479019	1,56	151447	6367
95/5	9,46	2527622	1,43	146012	7708
90/10	13,43	2759098	1,22	140863	10744
80/20	23,08	2704800	1,09	85477	11870

Таким образом, было выбрано соотношение компонентов подвижной фазы – ацетонитрил : вода – 98 : 2. Кроме того, использовались изократические условия, поскольку количество определяемых соединений было небольшим.

Температура колонки также является фактором, влияющим на хроматографическое разделение и количественное определение. Температура колонки влияет на время удерживания и давление в системе, а также на стабильность и селективность колонки.

**Таблица 3** – Влияние температуры термостата колонки на хроматографическое поведение пика бенз(а)пирена

Температура термостата колонки, °C	Время удерживания, $R_f$ , мин	Площадь пика, S	Высота пика, h	Ширина основания, w	Коэффициент асимметрии, $A_{10}$	Число теоретических тарелок, N
20	13,757	2657588	116086	1,44	1,21	8752
25	10,846	2623844	135001	1,35	1,32	7561
30	8,313	2603357	153901	1,16	1,42	6318
35	7,675	2668945	170515	1,15	1,57	6100
40	5,453	2701121	189498	1,11	1,71	4186

Как видно из данных таблицы 3, с повышением температуры термостата колонки размывание пика бенз(а)пирена уменьшается, высота пика увеличивается, время выхода уменьшается, однако растет коэффициент асимметрии. Поэтому нами выбрана температура термостата колонок – 35 °C, обеспечивающая оптимальные условия хроматографирования.

После определения условий хроматографирования разработанная аналитическая методика была проверена с точки зрения линейности и точности.

Для установления градуировочной характеристики готовили шесть серий градуировочных растворов по шести значениям массовой концентрации бенз(а)пирена в диапазоне от 0,5 до 10,0 нг/дм<sup>3</sup>. Была достигнута отличная линейная зависимость между концентрацией определяемого соединения и интенсивностью его флуоресценции по площади с коэффициентом корреляции выше 0,996.

Статистические данные получены по результатам анализа модельных проб, которые представляли собой водные вытяжки из изделий из парафинов и восков, а также из изделий из резино-латексных композиций с внесенной добавкой стандартного раствора бенз(а)пирена. Внутривлабораторные исследования проведены в условиях промежуточной прецизионности с двумя изменяющимися факторами «время + персонал, выполняющий измерения». Установлены следующие показатели точности методики: предел повторяемости — 13 %, предел промежуточной прецизионности — 17 %, относительная расширенная неопределенность для диапазона от 0,5 до 1,25 нг/дм<sup>3</sup> — 43 % и относительная расширенная неопределенность для диапазона от 1,25 до 10,0 нг/дм<sup>3</sup> — 27 %.

Таким образом, данное исследование было сосредоточено на идентификации и количественном определении в водных средах бенз(а)пирена, содержащегося в изделиях из парафинов и восков, а также в изделиях из резино-латексных композиций, с использованием ВЭЖХ/ФЛД. Оценено влияние таких параметров, как неподвижная фаза, длина и температура колонки, сила и тип подвижной фазы. Были найдены оптимальные условия хроматографирования: хроматографическая колонка (длина, неподвижная фаза) — Zorbax Eclipse XDBC18 (длиной 150 мм, диаметром 4,6 мм с зернением 5 мкм); температура термостата колонки — 35 °С; подвижная фаза — смесь ацетонитрил : вода — 98 : 2 (по объему). В результате была получена линейная зависимость с коэффициентом корреляции выше 0,996, а также хорошие показатели прецизионности (повторяемость и промежуточная прецизионность), что свидетельствует о достаточной чувствительности разработанной методики для количественного определения бенз(а)пирена в водных средах.

## Литература

1. Другов, Ю. С. Мониторинг органических загрязнений природной среды / Ю. С. Другов, А. А. Родин. — М. : Бином. Лаборатория знаний, 2009. — 893 с.
2. Determination of polynuclear aromatic hydrocarbons in marine samples of siokolo fishing settlement / С. Anyakora [et al.] // Journal of chromatography A. — 2005. — Vol. 1073, № 1–2. — P. 323–330.

Поступила 21.09.2023

## ПОВЫШЕНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТИ ЛАБОРАТОРИЙ ПО ИСПЫТАНИЯМ В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ИХ ТЕКУЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА

Шарамков В. А., [sharamkou.u@gmail.com](mailto:sharamkou.u@gmail.com),  
Столяренко В. А., [bstu12@mail.ru](mailto:bstu12@mail.ru),  
Федоренко Е. В., к. м. н., доцент, [afedorenko71@mail.ru](mailto:afedorenko71@mail.ru),  
Позняк И. С., к. б. н., [poznyakirina@mail.ru](mailto:poznyakirina@mail.ru),  
Табелева Н. Н., к. м. н., [nntabeleva@mail.ru](mailto:nntabeleva@mail.ru)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Система контроля безопасности пищевой и сельскохозяйственной продукции в Республике Беларусь основывается на межведомственном взаимодействии, что требует уточнения конкретных функций и обязанностей заинтересованных сторон и тесного сотрудничества различных организаций. Производители продукции должны соблюдать как национальные требования к безопасности продукции, так и установленные законодательством страны-экспортера. Основу доказательной базы составляет признание результатов испытаний, выполненных компетентными лабораториями. В свою очередь, компетентность лабораторий при проведении определенных видов испытаний и отбора образцов определяется аккредитацией на соответствие ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» [1], устанавливающего общие требования к компетентности, беспристрастности и стабильному функционированию лабораторий.

Главной задачей в деятельности лабораторий является создание необходимых условий для получения достоверных результатов испытаний с целью дальнейшей оценки соответствия показателей безопасности и качества продукции установленным требованиям. Подтверждение компетентности (аккредитация) является одним из важнейших механизмов для выполнения указанной задачи. В свою очередь техническая компетентность лабораторий во многом определяется наличием необходимого для проведения испытаний и отбора образцов в заявленной области аккредитации персонала, помещений, оборудования, методик (методов) исследований (испытаний) и измерений.

В статье приведены результаты оценки в области управления качеством, уровня экспертного потенциала, инфраструктуры, применяемых методов испытаний (исследований) и измерений ряда лабораторий Республики Беларусь, осуществляющих испытания пищевой и сельскохозяйственной продукции с целью контроля ее соответствия требованиям безопасности. В работе отражен наилучший опыт деятельности лабораторий с целью его тиражирования и внедрения международных стандартов безопасности пищевой продукции и современных методов анализа.

При оценке применялся экспертно-аналитический метод. Были определены лаборатории, имеющие большой опыт работы в области оценки безопасности пищевой и сельскохозяйственной продукции и область аккредитации с наибольшим охватом показателей безопасности и качества. Объекты оценки — четыре лаборатории различного ведомственного подчинения (Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Министерство здравоохранения Республики Беларусь и Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь) (далее — Л1–Л4).

С учетом основных требований, предъявляемых к испытательным лабораториям, была сформирована анкета-вопросник оценки текущего потенциала лаборатории (центра) в соответствии с действующей системой менеджмента, которая включала изучение:

- соответствия систем менеджмента установленным требованиям. Главным критерием определено соответствие требованиям [1], в частности наличия в лаборатории документов системы менеджмента, системы обращения с объектами испытаний (включая отбор образцов при необходимости), управления персоналом, помещениями, оборудованием и документами системы менеджмента, включая документы на методы исследований (испытаний) и измерений;
- опыта работы, статуса и области аккредитации;
- необходимого количества помещений, соответствующих требованиям по техническому оснащению и применяемым методам испытаний, а также обеспечения в них условий проведения испытаний, включая источники энергии, освещение и окружающую среду;
- достаточного числа руководящего и технического персонала, имеющего профессиональную подготовку, квалификацию, аттестованного и допущенного к выполнению испытаний в установленном порядке;
- наличия системы обеспечения достоверности результатов испытаний, в том числе опыта организации и участия в межлабораторных сличительных испытаниях, обеспечения метрологической прослеживаемости измерений;
- наличия методик (методов) исследований (испытаний) и измерений и процедур испытаний, включенных в области аккредитации лабораторий;
- обеспеченности оборудованием, стандартными образцами.

Анкетирование проводилось в 2021 г. в рамках реализации проекта международной технической помощи ФАО «Укрепление официальной системы контроля безопасности пищевой продукции и содействие доступу к рынку пищевых продуктов» (далее — Проект). Обработка результатов — в 2022 г.

Оценка соответствия требованиям [1] показала, что все лаборатории аккредитованы в период с 1994 по 1997 г. Основными объектами, включенными в область деятельности, являются пищевые продукты и сырье, пищевые добавки, премиксы, корма, комбикорма, жмыхи, шроты, биологически активные добавки к пище, вода питьевая, в том числе бутилированная.

В лабораториях разработана, внедрена и поддерживается система менеджмента в соответствии с требованиями [1]. В построении системы менеджмента широко применяется инструмент разработки отдельных процедур (стандартных операционных процедур). Названия и номера внутренних документов системы менеджмента лабораторий в данной статье не приводятся в целях соблюдения конфиденциальности.

Все лаборатории имеют разрешения Министерства здравоохранения Республики Беларусь на осуществление работ с условно-патогенными и патогенными биологическими агентами первой и второй группы риска.

Площадь помещений (рисунок 1) достаточна для размещения оборудования в соответствии с техническими требованиями, обеспечения условий безопасной работы персонала, а также для проведения исследований (испытаний) и измерений в заявленной области аккредитации.

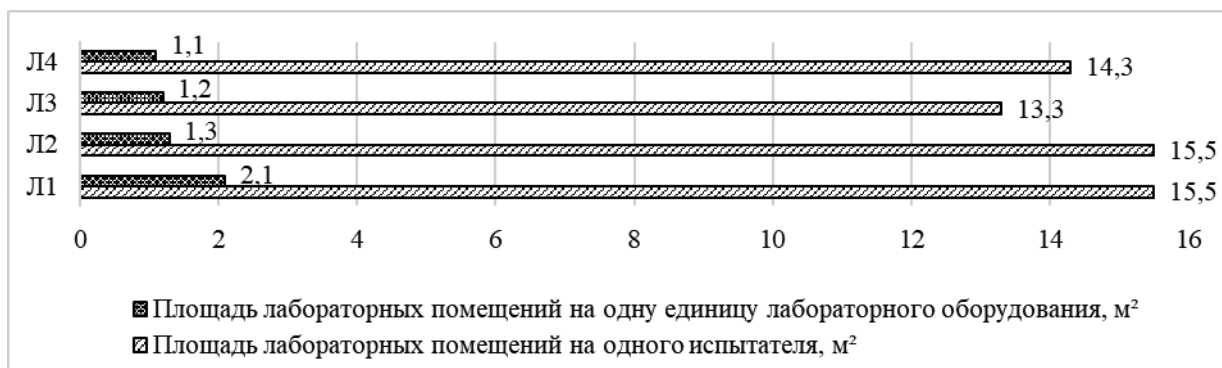


Рисунок 1 – Отношение общей площади помещений для осуществления испытательной деятельности к общему количеству лабораторного оборудования и к общему количеству персонала, выполняющего испытания в Л1, Л2, Л3, Л4

Лаборатории располагают необходимым количеством персонала для выполнения работ в соответствии с загрузкой и областью деятельности лабораторий (рисунок 2).

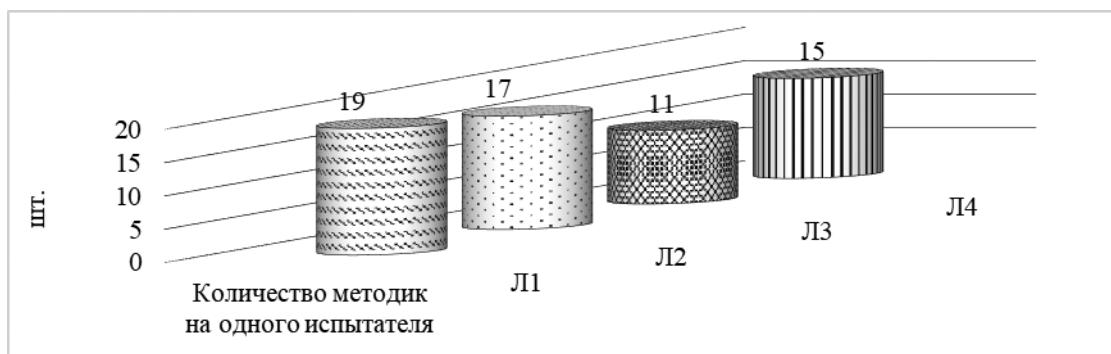


Рисунок 2 – Количество методик, приходящихся на одного испытателя, выполняющего испытания в Л1, Л2, Л3, Л4

В лабораториях функционирует система обеспечения качества (достоверности) результатов испытаний, которая включает в себя участие в программах проверки квалификации (далее – ППК), межлабораторных сличительных испытаниях (далее – МЛС) и организацию внутрилабораторного контроля (далее – ВЛК) (рисунок 3). При этом в 2021 г. из общего количества принятых лабораториями участия в ППК 40% организованы провайдерами, аккредитованными на соответствие требованиям ГОСТ ISO/IEC 17043-2013 «Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации» [2].

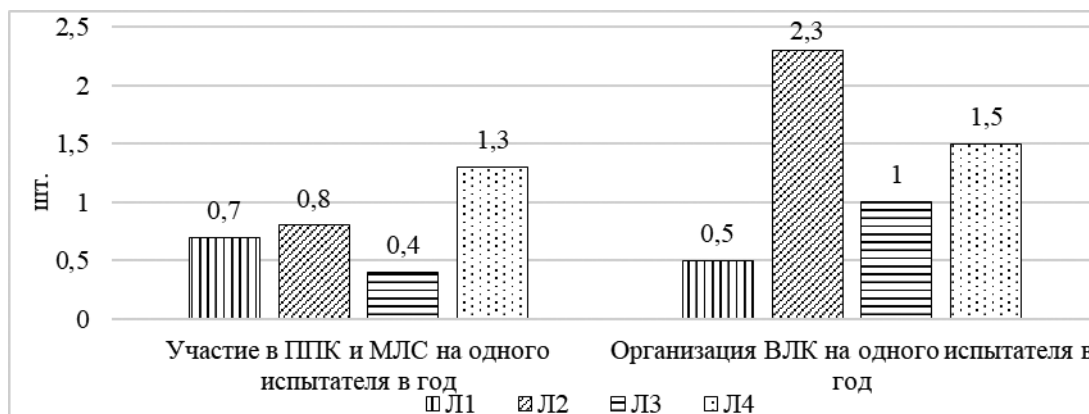
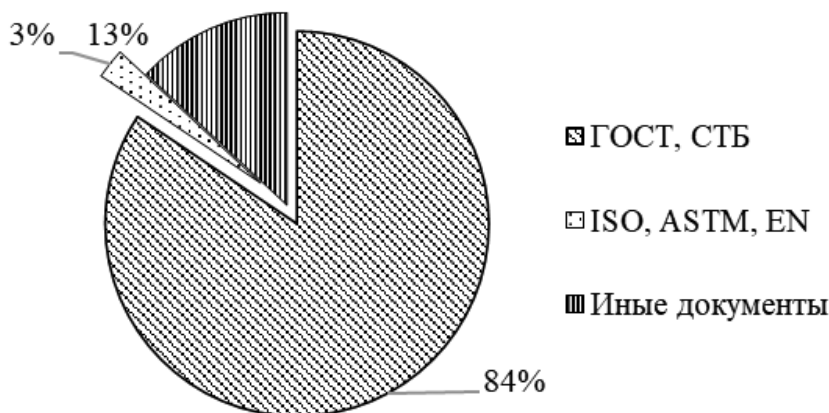


Рисунок 3 – Доля количества участий лабораторий в ППК и МЛС и количества организаций ВЛК к общему количеству персонала, выполняющего испытания в Л1, Л2, Л3, Л4 в 2021 г.

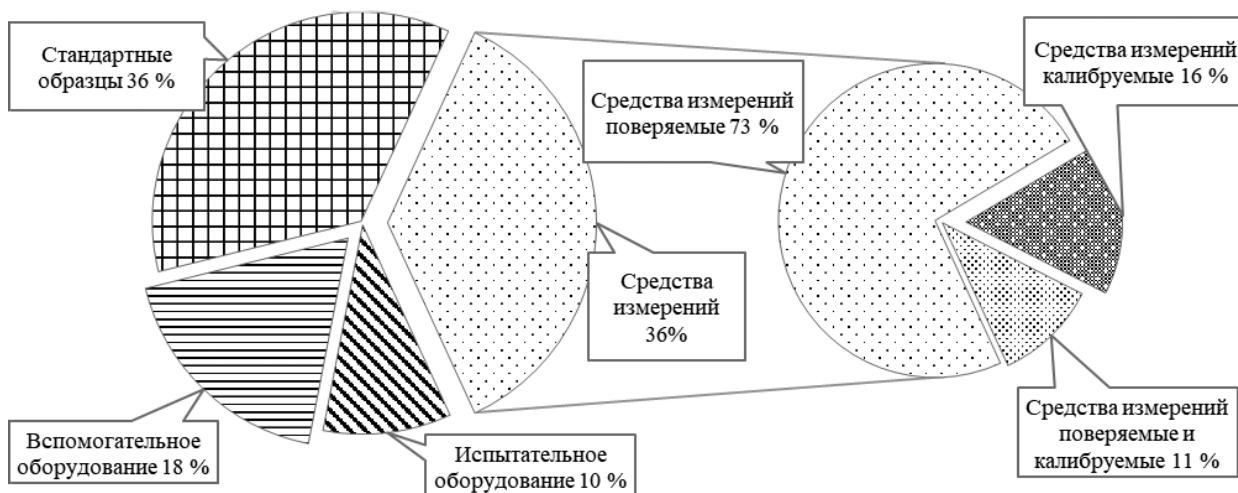
В целом по результатам анализа областей аккредитации лабораторий можно констатировать применение порядка 1300 документов в качестве методов испытаний пищевой и сельскохозяйственной продукции по показателям безопасности (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Анализ документов, устанавливающих методики (методы) исследований (испытаний) и измерений, применяемых четырьмя выбранными аккредитованными лабораториями**

Как видно из анализа, основную долю применяемых документов составляют национальные (государственные) и межгосударственные стандарты, 3% — международные и региональные стандарты, устанавливающие методы испытаний по показателям безопасности пищевой и сельскохозяйственной продукции. К иным применяемым документам, включенным в области аккредитации, относятся методики измерений, санитарные нормы и правила, методические указания, технические условия, ведомственные инструкции и приказы, в том числе собственные методики, изложенные в стандартах организаций.

В лабораториях из всего используемого оборудования (рисунок 5) можно выделить испытательное оборудование (10%), вспомогательное оборудование (18%), наибольшую долю составляют стандартные образцы (36%) и средства измерений (36%). Следует отметить, что поверку проходят 73% средств измерений, калибровку — 16%, двойной метрологической оценке (поверка и калибровка) подвергаются 11% средств измерений применяемых в испытаниях.



**Рисунок 5 – Распределение по категориям испытательного оборудования, используемого в лабораториях, с учетом применяемых видов метрологической оценки средств измерений (поверка, калибровка)**

Результаты анализа показали, что обсуждаемые лаборатории обеспечивают высокую компетентность в заявляемой области деятельности путем постоянного повышения квалификации своих сотрудников, регулярного обновления оборудования в соответствии с техническим прогрессом, участия в межлабораторных сличениях и другими способами.

Собранные и проанализированные документы и сведения позволили оценить состояние испытательных лабораторий, а также определить направления по совершенствованию системы менеджмента, одним из которых является получение новых знаний в области контроля качества и безопасности пищевой продукции путем обучения сотрудников управлению в соответствии с требованиями [1] и практическому применению современных подходов к контролю качества результатов испытаний установленными методами, а также актуальным методам проведения испытаний (исследований) и измерений по показателям безопасности продовольственного сырья и пищевой продукции.

В целях содействия улучшению деятельности лабораторий, а также уровня экспертного потенциала разработаны и предложены для использования в работе типовые процедуры, которые могут быть применимы в деятельности всех испытательных лабораторий Республики Беларусь по следующим пунктам [1]: 6.2. Персонал, 6.5. Метрологическая прослеживаемость, 7.2. Выбор, верификация и валидация методов, 7.7. Обеспечение достоверности результатов, 7.10. Управление несоответствующей работой, 8.3. Управление документами системы менеджмента, 8.5. Действия, связанные с рисками и возможностями, 8.6. Улучшения, 8.7. Корректирующие действия, 8.8. Внутренние аудиты, 8.9. Анализ со стороны руководства. Доступ к указанным процедурам осуществляется республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр гигиены» по заявлениям заинтересованных (далее — НПЦГ).

Разработаны учебные программы тренингов по управлению качеством лабораторий в соответствии с национальным и международным законодательством, изучению европейских требований и опыта работы лабораторий в области контроля безопасности пищевой продукции, нормативному регулированию и контролю в Европейском союзе за рынком пищевой продукции, содержащей генетически модифицированные организмы.

Сформированы программы стажировок на рабочих местах для специалистов лабораторий по современным методам испытаний, таким как: обнаружение остатков запрещенных синтетических красителей и загрязняющих веществ (меламин) в пищевой продукции с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии; газохроматографическое определение в пищевой продукции остатков загрязняющих веществ из упаковки (фталаты); обнаружение и подсчет листерии моноцитогенной и бактерии рода листерии; выявление максимально допустимых уровней микотоксинов в пищевой продукции; обнаружение в пищевой продукции содержимого элемента методами беспламенной атомно-абсорбционной, пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии, атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Учебные программы реализованы на базе Международного образовательного центра «На Академической» НПЦГ. Всего за период сентябрь–декабрь 2021 г. обучен 941 специалист из испытательных лабораторий различного ведомственного подчинения, проведено 14 обучающих курсов, 22 стажировки на рабочих местах.

Обоснованные в рамках работы подходы по анализу деятельности испытательных лабораторий и апробированные на примере четырех ведущих организаций Республики Беларусь могут быть использованы для совершенствования работы иных испытательных лабораторий, осуществляющих испытания пищевой и сельскохозяйственной продукции с целью контроля ее соответствия требованиям безопасности.

Так, с учетом проведенной работы, НПЦГ в 2022 г. разработаны программа повышения квалификации «Организация и проведение санитарно-химических исследований (испытаний) для гигиенической оценки продукции. Современные требования и подходы» и программа обучающего курса «Организация и проведение санитарно-химических исследований (испытаний) для гигиенической оценки продукции». Программы рассчитаны на различные категории слушателей как медицинских, так и немедицинских работников организаций, занимающихся контролем безопасности продукции.

По указанным программам в период 2022 — I полугодия 2023 г. обучены 27 человек, из них в рамках международного сотрудничества — 14 представителей Республики Узбекистан. В том числе 10 человек обучены на базе Управления санитарно-эпидемиологического надзора Главного медицинского управления при Администрации Президента Республики Узбекистан в городе Ташкенте. В 2023 г. планируется организация минимум двух циклов обучения по данным программам на базе Международного образовательного центра «На Академической» НПЦГ.



Проведенные в рамках проекта мероприятия способствовали повышению осведомленности заинтересованных лиц в области управления качеством, а также единообразному пониманию и усвоению требований международных и национальных документов, получению практических навыков при проведении испытаний пищевой и сельскохозяйственной продукции по показателям качества и безопасности с использованием современных международных стандартов на методы испытаний.

### **Литература**

1. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. — Введ. РБ 01.10.2019. — Минск : Госстандарт, 2019. — 32 с.
2. ГОСТ ISO/IEC 17043-2013. Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации. — Введ. РБ 01.01.2014. — Минск : Госстандарт, 2014. — 43 с.

Поступила 03.10.2023

## Раздел 7

# МОНИТОРИНГ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ. ТЕЗИСЫ

### РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСЕРВАНТА НАТАМИЦИНА В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ВЭЖХ-ДМД

*Андриевская Е. В., kateandrievskaya@yandex.ru,  
Полянских Е. И., к. х. н., alena.ip@mail.ru,  
Бельшева Л. Л., llbelysheva@gmail.com,  
Федорова Т. А., chf@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Натамицин — противогрибковый препарат, относящийся к группе тетраеновых макролидов. Получил широкое распространение в медицине для лечения грибковых заболеваний кожи и слизистых. В пищевой промышленности натамицин разрешен для применения в качестве консерванта, предотвращающего заплесневение пищевых продуктов, в частности, колбасных изделий сырокопченых и полукопченых.

В соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» в Республике Беларусь и других государствах — членах ЕАЭС установлен максимально допустимый уровень содержания натамицина в поверхностном слое колбас сырокопченых и полукопченых, согласно которому количество натамицина не должно превышать 1 мг/дм<sup>2</sup> на глубине слоя до 5 мм.

До настоящего времени в Республике Беларусь отсутствовала методика определения содержания натамицина в поверхностном слое колбасных изделий, что не позволяло контролировать его содержание аккредитованными лабораториями Республики Беларусь.

Исходя из вышеизложенного, целью исследования являлась разработка условий пробоподготовки и количественного анализа, позволяющих с высокой точностью определять содержание натамицина в поверхностном слое колбасных изделий.

В ходе исследования была изучена спектральная характеристика натамицина, установлено, что его спектр поглощения имеет максимумы в диапазоне 290–320 нм. Определена оптимальная длина волны детектирования натамицина — 303 нм, именно при данной длине волны наблюдается максимум абсорбции электромагнитного излучения аналитом, а также отсутствуют спектральные помехи от других соединений.

Для достижения необходимой чувствительности методики определения натамицина изучены его параметры — удерживание и величина отклика на обращеннофазных колонках Zobax RX C8 (250 × 4,6 мм, зернение 5 микрон), Zobax Eclipse Plus C18 (250 × 4,6 мм, зернение 5 микрон) и Waters Spherisorb ODS2 (250 × 4,6 мм, зернение 5 микрон). Установлено, что оптимальная величина сигнала аналита наблюдается при использовании хроматографической колонки Zobax Eclipse Plus C18 (250 × 4,6 мм, зернение 5 микрон).

Для разработки условий хроматографирования изучено влияние состава и pH подвижной фазы на удерживание аналитов. Известно, что натамицин плохо растворим в воде и хорошо растворим в полярных органических растворителях. В водных растворах натамицин проявляет амфотерные свойства, стабилен в широком диапазоне pH, но быстро инактивируется при экстремально низких и высоких значениях pH, при воздействии сильных окислителей.

Исходя из физических свойств аналита, исследована возможность использования в качестве органического компонента подвижной фазы метанола, ацетонитрила и смеси метанол: ацетонитрил (1 : 1), а в качестве водного компонента подвижной фазы — ацетатного буферного раствора со зна-

чением рН, равным 2,0; 3,0; 4,0; 4,5; 4,7; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0. При использовании буферного раствора с рН 4,7 наблюдается наилучшее отделение пика натамицина от мешающих определению примесей. Установлено, что для определения натамицина оптимальным является использование в качестве подвижной фазы смеси буферный раствор рН 4,7 : метанол (1 : 3 об. %).

Таким образом, необходимо соблюдать следующие условия хроматографического анализа: оборудование — жидкостной хроматограф, оснащенный диодно-матричным детектором; хроматографическая колонка типа Zorbax Eclipse Plus C18 (250 × 4,6 мм, зернение 5 микрон); температура термостата колонки: 35 °С; подвижная фаза: смесь буферный раствор рН 4,7 : метанол (1 : 3 об. %); скорость потока элюента 0,9 см<sup>3</sup>/мин; объем вводимой пробы: 20 мкл; длина волны поглощения 303 нм.

Для разработки оптимальных условий подготовки пробы изучена экстракция натамицина из пищевой продукции с помощью различных растворителей. Установлено, что использование в качестве экстрагента чистой воды, чистого этанола, метанола, а также ацетонитрила и смесей ацетонитрила с водой является малоэффективным. Экстрагирующая сила смеси в отношении натамицина увеличивается при использовании водно-метанольных и водно-этанольных смесей, причем при одинаковом объемном отношении экстрагирующая способность смеси, содержащей более полярный метанол, выше по сравнению со смесью, содержащей этанол. Полное извлечение консерванта натамицина из пищевой матрицы достигается при использовании метанольно-водной смеси при соотношении растворителей 1 : 1.

Таким образом, для экстракции консерванта натамицина из поверхностного слоя колбасных изделий из продукции предпочтительнее использовать смесь метанол : вода (1 : 1). Данная смесь растворителей хорошо извлекает натамицин из матриц сложного состава.

Однако при применении в ходе пробоподготовки только жидкостной экстракции на хроматограмме, полученной при анализе экстракта, присутствуют пики интерферирующих соединений. Поэтому для анализа натамицина в поверхностном слое колбасных изделий необходимо проводить дополнительную очистку экстракта на картриджах для твердофазной экстракции.

В ходе работы была исследована возможность использования в ходе экстракции картриджей для твердофазной экстракции Sep-Pak C18 Classic Cartridge и Chromabond SiOH SPE Cartridge. Установлено, что использование картриджей Sep-Pak C18 Classic Cartridge позволяет достигать наилучшего отделения консерванта натамицина от примесей, входящих в состав поверхностного слоя колбасных изделий.

Таким образом, для экстракции консерванта натамицина из поверхностного слоя колбасных изделий из продукции предпочтительнее использовать смесь метанол : вода (1 : 1). Данная смесь растворителей хорошо извлекает натамицин из матриц сложного состава. Для дополнительной очистки экстрактов оптимальным является использование картриджей для твердофазной экстракции Sep-Pak C18 Classic Cartridge.

В результате проведенных исследований разработаны оптимальные условия пробоподготовки и инструментального анализа, позволяющие с высокой чувствительностью осуществлять идентификацию и количественное определение консерванта натамицина.

Поступила 20.09.2023

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЫЛИ В ГОРОДЕ ЧИТА

*Бондаревич Е. А., к. б. н., доцент, bondarevich84@mail.ru*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Чита, Россия

Загрязнение окружающей среды пылью является актуальной проблемой экологии населенных пунктов России и многих стран мира. При этом в крупных городах основная часть пыли формируется в ходе антропогенной деятельности и имеет существенное отличие химического состава от природных источников. Пыль, возникшая в ходе техногенеза, обогащена токсичными элементами и опасными для здоровья населения органическими веществами, при этом отмечается тенденция к ее аккумуляции и интенсивной миграции в границах населенных пунктов. Пыль — это мелкоди-

сперсная система, дисперсной фазой которой являются твердые частицы с диаметром до 50 мкм, а дисперсионной средой — воздух. Пылевые аэрозоли — термодинамически неустойчивые системы, для которых характерно явление осаждения на более холодных поверхностях, или термопреципитация. Все это приводит к интенсивному перемещению пыли в жилые и рабочие помещения и ее негативному влиянию на здоровье человека. Биологическая опасность пыли может быть связана с ее фиброгенным, токсическим, радиоактивным, аллергенным, канцерогенным воздействием, при этом даже инертная по отношению к тканям человека пыль может быть фактором развития патологий. Кроме того, выявлена зависимость между негативным воздействием пылевых частиц, например, на дыхательную систему и размером ее частиц. Чем они мельче, тем опасность выше. По этой причине мониторинг пыли с размером частиц 2,5 и 10 мкм широко используется для эколого-гигиенической характеристики атмосферы населенных пунктов.

Город Чита характеризуется высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, особенно в осенне-зимний сезон, из-за природно-климатических особенностей, интенсивного воздействия предприятий теплоэнергетического комплекса и различных видов транспорта, особенно автомобильного. Совокупность негативных факторов среды приводит к формированию холодных инверсий в атмосфере и к возникновению смога в приземном слое воздуха в самые морозные недели с ноября по март, что находит отражение в составе снежного покрова Читы как косвенного маркера атмосферы.

Целью исследования было изучение химического состава пыли из жилых и рабочих помещений в г. Чите зимой 2023 г.

Для изучения химического состава пыли было собрано 19 проб, условно разделенных по функциональным зонам г. Читы: селитебной ( $n = 7$ ) с выделением отдельно группы проб из корпусов образовательного учреждения (ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Минздрава России (далее — ЧГМА),  $n = 5$ ), транспортной ( $n = 5$ ) и фоновой (села Забайкальского края — Кука и Амитхаша). Для выявления содержания микроэлементов также проанализировано 14 проб почв из разных районов города. Определение содержания химических элементов (хрома (далее — Cr), марганца (далее — Mn), железа (далее — Fe), никеля (далее — Ni), меди (далее — Cu), цинка (далее — Zn), мышьяка (далее — As) и свинца (далее — Pb)) осуществляли рентгенофлуоресцентным методом полного внешнего отражения на спектрометре S2 Picofox (Bruker Nano GmbH, Германия). Пробы массой 100,0 мг предварительно подвергали мокрому озолению смесью концентрированной  $\text{HNO}_3$  и 30%-го раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$ , осадки растворяли и диспергировали в деионизированной воде; в качестве внутреннего стандарта использовался раствор соли германия для индуктивно-связанной плазмы с концентрацией элемента 2,5 мг/л. Математико-статистический анализ данных проводили методами описательной статистики в программе PAST ver. 3.25.

Пыль в условиях г. Читы имела следующие особенности загрязненности микроэлементами: наибольшее их количество отмечалось в жилых помещениях транспортной зоны, наименьшее — в корпусах ЧГМА. Селитебная зона с низкой интенсивностью движения автотранспорта имела средний уровень загрязненности пыли. Медианы и квартили (далее — Me [25; 75]) содержания токсичных элементов в транспортной зоне Читы характеризовались следующими значениями: Cr — 24,53 [16,16; 35,21] мг/кг; Mn — 286,71 [185,79; 6207,66] мг/кг; Fe — 4386,80 [2495,84; 7006,28] мг/кг; Ni — 19,01 [13,48; 85,05] мг/кг; Cu — 201,24 [60,95; 297,98] мг/кг; Zn — 677,00 [381,46; 1299,88] мг/кг; As — 5,23 [4,54; 16,17] мг/кг; Pb — 17,81 [12,82; 24,07] мг/кг. Относительно фоновых значений в транспортной зоне Читы по Cr отмечалось превышение в 8,5 раза, по Mn — в 7,8 раза, по Ni — в 1,6 раза, по Cu — в 4,4 раза, по Zn — в 2 раза, по Pb — в 14,5 раза. По железу и мышьяку кратности были чуть больше 1.

Уровень содержания элементов в пыли селитебной зоны Читы имел меньшие величины, чем в транспортной зоне, и характеризовался существенно меньшей вариабельностью: Cr — 13,97 [6,82; 19,28] мг/кг; Mn — 209,40 [74,93; 448,86] мг/кг; Fe — 850,23 [646,14; 3345,18] мг/кг; Ni — 10,72 [7,97; 78,62] мг/кг; Cu — 54,06 [37,22; 388,43] мг/кг; Zn — 373,49 [137,37; 2711,19] мг/кг; As — 3,70 [1,67; 6,08] мг/кг; Pb — 7,39 [2,81; 27,35] мг/кг. Существенные превышения фоновых показателей селитебной зоны по сравнению с фоновыми отмечались по хromу (4,8 раза), марганцу (5,7 раза) и свинцу (6 раз). По остальным величинам были около 1 (Cu, Zn) или меньше 1 (Fe, As).

В корпусах ЧГМА, которую можно отнести к селитебной зоне со средним уровнем воздействия автотранспортной нагрузки, ситуация по накоплению токсичных элементов в пыли была более благоприятной по сравнению с селитебной зоной. Вероятно, это обусловлено большими площадями поверхностей осаждения пыли по сравнению с квартирами, а также ежедневными влажными уборками помещений и ежегодной влажной уборкой большей части помещений перед началом образовательного процесса. Значения содержания химических элементов в пробах ЧГМА имели следу-

ющие величины: Cr — 12,33 [6,31; 28,96] мг/кг; Mn — 140,85 [58,19; 708,74] мг/кг; Fe — 900,60 [530,25; 17717,30] мг/кг; Ni — 12,12 [3,37; 46,36] мг/кг; Cu — 29,05 [13,67; 34,07] мг/кг; Zn — 183,43 [142,28; 3929,25] мг/кг; As — 3,11 [2,18; 6,63] мг/кг; Pb — 6,01 [3,32, 20,58] мг/кг. Превышение фоновых показателей отмечалось по хрому (4,3), марганцу (3,8) и свинцу (4,9).

Для оценки вклада техногенеза в химический состав пыли Читы и фоновых участков проводилось сравнение данных с медианным содержанием микроэлементов в почвах Забайкалья (данные по Республике Бурятия) (Cr 54,0 мг/кг, Mn 680,0 мг/кг, Fe 44590,0 мг/кг, Ni 26,0 мг/кг, Cu 24,0 мг/кг, Zn 75,0 мг/кг, As 11,3 мг/кг, Pb 30,0 мг/кг). Анализ выявил существенный вклад техногенного источника по меди и цинку (в транспортной зоне в 8,4 и 9 раз соответственно), тогда как по остальным элементам медианное содержание элементов в пыли было меньшим, чем в почвах Забайкалья.

Однако сравнение с медианными значениями проб почв и урбаноземов Читы с составом пыли имело иную картину загрязнения пыли. Выявлено, что содержание хрома в корнеобитаемом слое почвенного покрова составляло 2,93 мг/кг, марганца — 419,02 мг/кг, железа — 8356,51 мг/кг, никеля — 3,10 мг/кг, меди — 2,77 мг/кг, цинка — 34,67 мг/кг, мышьяка — 0,36 мг/кг, свинца — 9,96 мг/кг. Таким образом, превышение содержания в пыли во всех функциональных зонах города зафиксировано по хрому (от 4,2 до 8,4 раза), никелю (от 3,5 до 6,1 раза), меди (от 10,5 до 72,7 раза), цинку (от 5,3 до 19,5 раза), мышьяку (от 8,6 до 14,5 раза) и свинцу (в транспортной зоне в 1,8 раза).

Таким образом, техногенный фактор является основным в формировании пылевых аэрозолей в г. Чита и обогащает твердые частицы этой системы токсичными микроэлементами. Наиболее загрязненными были пробы пыли из жилых помещений, расположенных в транспортной зоне города. По отношению к почвам города пыль обогащена хромом, никелем, медью, цинком, мышьяком и свинцом. Перспективой исследования загрязненности пыли в условиях г. Читы должны быть изучение фракционного состава частиц, количества в них водорастворимых форм микроэлементов и интерпретация связи между уровнем запыленности и развитием патологий дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

Поступила 03.08.2023

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИТАМИНА К<sub>2</sub> В БАД МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

*Воронцова О. С., voroncovaolga998@gmail.com,  
Андреевская Е. В., kateandrievskaya@yandex.ru,  
Войтенко С. И., wojtenkosvetlana@mail.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Витамин К<sub>2</sub> (менахинон) относится к группе жирорастворимых витаминов. При оценке сбалансированности витаминного профиля питания было установлено, что витамин К<sub>2</sub> необходим организму человека для течения процессов жизнедеятельности, очищения сосудов и свертываемости крови, способствует повышению выработки инсулина.

Установленный уровень потребления витамина К<sub>2</sub> в разных странах варьируется от 55 до 120 мкг/сутки. Физическая потребность в данном витамине для взрослого человека составляет 120 мкг/сутки, для детей — от 30 до 75 мкг/сутки. Дозировки витамина К<sub>2</sub> в биологически активных добавках (далее — БАД), как правило, находятся в пределах 100–120 мкг на одну капсулу, что соответствует суточной потребности в витамине К<sub>2</sub> для взрослого человека.

Для количественного определения витамина К<sub>1</sub> в пищевых продуктах применяется ГОСТ EN 14148-2015. Для определения витамина К<sub>2</sub> на данный момент не существует ГОСТ и методов, позволяющих определять его в пищевых продуктах и БАД.

Для количественного анализа содержания витамина К<sub>2</sub> в БАД было решено разработать метод с применением высокоэффективной жидкостной хроматографии, так как этот вид инструментального анализа характеризуется хорошей воспроизводимостью и точностью. При разработке метода основное внимание уделяли стадиям пробоподготовки и хроматографического анализа.

Эмпирическая формула —  $C_{46}H_{64}O_2$ . Это кристаллическое вещество желтого цвета, нерастворимое в воде, хорошо растворимое в хлороформе, ацетоне, петролейном эфире, гексане, этаноле. По спектру поглощения сходен с витамином  $K_1$ .

Учитывая, что витамин  $K_2$  хорошо растворим в спиртах (этанол, метанол), экстракцию витамина  $K_2$  проводили метанолом в ультразвуковой бане в течение 15 мин при температуре 30 °С, с дальнейшим центрифугированием в течение 10 мин при 3000 об/мин. Далее в зависимости от предполагаемого содержания витамина  $K_2$  отбирали от 5 до 25 см<sup>3</sup> фильтрата в делительную воронку, добавляли 10 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и 1 г углекислого калия и энергично встряхивали. Затем для разделения фаз устанавливали в темное место на 10 мин. После этого проводили экстракцию витамина  $K_2$  1,2-дихлорэтаном.

Исследования проводили с использованием жидкостного хроматографа Shimadzu LC-20 Prominence (Япония), оснащенного диодно-матричным детектором.

Для разделения сложнокомпонентных смесей выбрана колонка Agilent, EclipsePlus C 18 (США), размером 250 × 4,6 мм, с сорбентом, размер зерна которого равен 5 мкм. Режим хроматографирования: температура колонки — 35 °С, подвижная фаза — смесь дихлорметан : метанол (1 : 9 об. %). Элюирование проводили в изократическом режиме, скорость подачи подвижной фазы — 0,5 см<sup>3</sup>/мин, объем вводимой пробы — 20 мм<sup>3</sup>. Регистрацию сигнала проводили при длине волны 250 нм. Время выхода витамина  $K_2$  составило 7,3 минуты. Идентификацию хроматографического пика проводили по спектру.

Для определения линейности исследован градуировочный график, построенный по серии градуировочных растворов с концентрацией от 30,0 до 100,0 мкг/см<sup>3</sup>. Каждую серию градуировочных растворов подвергали хроматографическому анализу трижды. По полученным результатам методом наименьших квадратов рассчитана формула градуировочного графика. Установлено, что градуировочный график является линейным, коэффициент корреляции составил 0,999. Нижний предел обнаружения разработанной методики для витамина  $K_2$  составляет 30,0 мг/кг.

Согласно разработанной методике исследованы образцы БАД с внесенным содержанием витамина  $K_2$ . Степень извлечения составила 97,0–98,0%. Показатель повторяемости варьировался от 2,0 до 5,0%.

В результате проведенных исследований разработана методика определения витамина  $K_2$  в БАД методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Методика пригодна для идентификации и количественного определения витамина  $K_2$  в БАД.

Поступила 20.09.2023

## **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ НЕОНИКОТИНОИДОВ В ОРЕХАХ: ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СТЕПЕНЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ**

*Гречина М. С., mgsea@mail.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Доля импорта в потреблении орехов в Российской Федерации (далее — РФ) составляет более 95%, так как наше производство орехоплодных культур развито слабо. В РФ орехи поставляются из более чем 40 стран. По сравнению со многими другими культурами работы по уходу за ореховым садом обходятся очень дорого, поэтому для сохранения продукции при возделывании, хранении и транспортировке существенную роль играет применение разнообразных пестицидов. В частности, для борьбы с вредителями на древесных орехах во многих странах зарегистрированы системные инсектициды группы неоникотиноидов. Тиаметоксам и клотианидин — инсектициды с уникальным спектром действия на никотиновые ацетилхолиновые рецепторы центральной нервной системы насекомых-вредителей, таких как тли, белокрылки, трипсы, гусеницы, жуки, мухи, щитовка и другие. Согласно данным Европейской комиссии, допустимый уровень тиаметоксама и клотианидина в орехах (разные виды) определяется нижним пределом их аналитического определения и составляет 0,01 мг/кг.

Цель работы — разработка метода определения остаточных количеств тиаметоксама и клотианидина в орехах с применением высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием для контроля действующих веществ пестицидов в импортируемой продукции.

Идентификация и количественное определение проведены с использованием системы Agilent 1290 Infinity LC/Agilent Triple Quad 6460 с электростатическим распылением (ESI).

Для выполнения экспериментальных работ были выбраны несколько видов орехов: грецкий орех, арахис, кешью, пекан и бразильский орех, которые различаются содержанием в них жира (от 45 до 72 г на 100 г орехов) и воды (от 3 до 8 г на 100 г орехов). В качестве подготовки проб использована универсальная технология QuEChERS, представленная готовыми наборами солей для экстракции и сорбентов для очистки экстрактов.

В результате проведенных исследований изучено влияние степени гомогенизации орехов, увлажнения проб перед экстракцией, применения нескольких экстрагентов и наборов солей на стадии экстракции, нескольких комбинаций сорбентов при очистке экстрактов, а также добавления стадии вымораживания на извлечение действующих веществ из матрицы.

Практически обосновано, что степень измельчения образцов не оказывает существенного влияния на полноту извлечения аналитов. Предварительное смачивание проб орехов массой 5 г различными объемами воды от 2,5 до 10 мл показало, что использование объема до 5 мл не оказывает влияния на полноту извлечения действующих веществ, независимо от вида орехов.

Проверена эффективность экстракции с использованием готовых наборов солей для оригинального метода QuEChERS и метода Европейского Союза (CEN) EN 15662. Так, использование солей с цитратным буфером (метод EN 15662) способствует увеличению степени извлечения до 10% для клотианидина и до 17% для тиаметоксама. Использование в качестве экстрагента чистого ацетонитрила или ацетонитрила, подкисленного уксусной кислотой (1%-й раствор), существенно не оказывает влияния на полноту извлечения аналитов (разница не более 2%), показана возможность использования любого из данных экстрагентов в зависимости от удобства аналитика.

Для очистки экстрактов (вторая стадия технологии QuEChERS) использованы готовые наборы фирмы Agilent Technologies (каталожный № 5982-5421) и наборы фирмы «Интерлаб» (каталожные №№ IL-5156, IL-5256, IL-4956), представляющие собой пробирки на 2 мл или 15 мл, заполненные различными комбинациями сорбентов. Наилучшее извлечение аналитов для всех видов орехов отмечено при следующей комбинации сорбентов (на пробирку 2 мл): по 50 мг сорбента для твердофазной экстракции на основе смеси первичных и вторичных аминов, твердофазного сорбента на основе октадецилсилана, графитизированной сажи и 150 мг магния серноокислого.

В качестве дополнительной стадии очистки использована процедура вымораживания экстракта, рекомендуемая для образцов с достаточно высоким содержанием жира (более 25%). Экстракт в пробирке помещался в морозильный ларь на несколько часов при температуре не выше минус 25 °С, что позволило освободить пробы от лишнего жира и увеличить полноту извлечения клотианидина в зависимости от вида орехов на 3–9%, тиаметоксама на 1–3%. Было отмечено, что для пекана стадия вымораживания не оказалась столь эффективной, как для других орехов, так как для тиаметоксама наблюдалась потеря в полноте извлечения.

Проделанная работа показала, что пробоподготовка QuEChERS применима к извлечению тиаметоксама и клотианидина из образцов исследуемых видов орехов. Проведение экстракции проб с солями, содержащими цитратный буфер, использование на стадии очистки наборов сорбентов со смесью первично-вторичных аминов, твердофазного сорбента на основе октадецилсилана, а также графитизированной сажи, включение в процесс подготовки проб стадии вымораживания позволили получить полноту извлечения тиаметоксама в диапазоне 74–107% и клотианидина в диапазоне 78–110% для изученных видов орехов.

На основе выполненных исследований сформированы методические указания «Определение остаточных количеств тиаметоксама и его метаболита клотианидина в орехах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием» (МУК 4.1.3801-22), обеспечивающие нижний предел количественного определения 0,01 мг/кг. Документ дополняет базу официальных методов аналитического контроля остаточных количеств пестицидов в импортируемой пищевой продукции.

Поступила 13.09.2023

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ АНТИБИОТИКОВ В МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ МЕТОДОМ ИММУНОФЕРМЕНТНОГО АНАЛИЗА

*Ивашкевич Л. С., к. т. н, chf@rspch.by,  
Бельшева Л. Л., chf@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

В настоящее время антибиотики широко применяют для профилактики и лечения животных, а также как стимулирующие рост кормовые добавки. Однако их присутствие в остаточных количествах в пищевых продуктах может вызвать неблагоприятные для здоровья человека последствия — аллергические реакции, дисбактериоз, антибиотикорезистентность.

Для обеспечения безопасности здоровья человека разработаны предельно допустимые уровни содержания антибиотиков в пищевых продуктах. Особые требования предъявляются к безопасности продуктов и сырья, используемых для приготовления детского питания.

В Республике Беларусь требования к показателям безопасности пищевых продуктов и продовольственного сырья, лимитирующие содержание антибиотиков, отражены в следующей нормативной документации: ТР ТС 021/2011, ТР ТС 033/2013, СанПиН и ГН 52-2013, ГН 37-2021.

Целью работы являлось проведение скрининговых исследований содержания антибиотиков в сырье и молочной продукции, предназначенных для детского питания.

Наиболее распространенным скрининговым методом определения токсикантов в разных средах является метод иммуноферментного анализа (далее — ИФА). К его преимуществам относятся невысокая стоимость, экспрессность, простота пробоподготовки и проведения анализа по сравнению с инструментальными методами.

Исследования проводились с использованием тест-систем для иммуноферментного анализа производства ГНУ «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси», Республика Беларусь. Концентрацию аналита определяли спектрофотометрически с использованием фотометра универсального Ф 300ТП.

Содержание антибиотиков анализировали в образцах молока-сырья для производства детского питания и в молочной продукции белорусских производителей, представленных в государственное предприятие «НПЦГ» на испытания в течение первого полугодия 2023 г. в рамках производственного контроля.

Согласно нормативным документам, в молоке и продуктах переработки молока регламентируется содержание хлорамфеникола, тетрациклиновой группы, стрептомицина, пенициллинов.

ИФА методы определения ксенобиотиков в пищевой продукции основаны на взаимодействии антигена (антибиотиков) с антителами. Анализ содержания хлорамфеникола, стрептомицина и пенициллинов осуществляли с использованием прямого конкурентного иммуноферментного анализа. Для этого применяли планшеты с иммобилизованными антителами к вышеперечисленным антибиотикам. В лунки микротитровального планшета, покрытого антителами к определенному антигену, добавляли градуировочные растворы или растворы проб вместе с конъюгатом антибиотика, маркированным пероксидазой хрена.

Присутствующие в пробе антибиотики и конъюгированный антибиотик конкурируют за центры связывания антител. Чем большее количество антибиотика содержится в пробе, тем меньше конъюгата связывается с антителами. Несвязанный конъюгат фермента удаляется на стадии промывки. После добавления раствора, содержащего субстрат и хромоген, которыми являются перекись водорода и 3,3',5,5'-тетраметилбензидин, связанный конъюгат превращает бесцветный хромоген в окрашенный продукт. Реакция окрашивания останавливается после добавления стоп-реагента, который меняет цвет раствора с голубого на желтый.

Определение антибиотиков тетрациклиновой группы проводилось методом непрямого конкурентного ИФА, основное отличие которого в том, что для анализа применяются планшеты с иммобилизованными конъюгатами тетрациклина с белком.

Особенностями иммуноферментного анализа являются его высокая специфичность и чувствительность. Методики проведения иммуноферментного анализа, разрешенные к применению на территории Республики Беларусь и Таможенного союза, отличаются чувствительностью, которая позволяет определять их наличие на уровнях гораздо ниже регламентируемых. Так, для хлорамфеникола допустимый уровень содержания в молочных продуктах составляет 0,3 мкг/кг, чувствитель-



ность метода высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием — 0,2 мкг/кг, а ИФА метод позволяет определить хлорамфеникол в молоке с чувствительностью 0,01 мкг/кг. ИФА метод позволяет определить пенициллины с чувствительностью 0,16 мкг/кг при допустимой величине 4 мкг/кг, для стрептомицина и тетрациклиновой группы чувствительность ниже регламентируемых значений в 20 раз.

При определении ИФА методом антибиотиков в молочной продукции большое значение имеет проведение пробоподготовки, которая оказывает влияние на получение надежных результатов.

Нами предложено для определения тетрациклинов и стрептомицина в образцах молочных продуктов использовать одну пробу, затем отбирать аликвоты для дальнейшего иммуноферментного анализа разных ксенобиотиков, что существенно сокращает время анализа.

Наиболее простая пробоподготовка для ИФА анализа характерна для молока. Определение стрептомицина и тетрациклина возможно после удаления жира, определение пенициллинов и хлорамфеникола проводят без предварительной пробоподготовки. В ходе проведения анализов молока установлено, что большое влияние на извлечение аналитов оказывает жирность продуктов. Так, при анализе пенициллинов, который проводят на образцах, предварительно разведенных соответствующим буфером, процент извлечения составлял 75–85 %, в то время как с увеличением жирности более 10 % выход аналита снижается и для образцов с жирностью 30 % составляет 65 %. В связи с этим при анализе молока на содержание всех анализируемых антибиотиков предложено проводить пробоподготовку с предварительным удалением жира и из полученного обезжиренного продукта отбирать аликвоты для определения пенициллинов, тетрациклиновой группы, стрептомицина, хлорамфеникола прямым методом (без экстракции), что значительно упрощает анализ, сокращает время его проведения и увеличивает степень извлечения аналита.

Всего проанализировано 45 образцов молочной продукции (молоко, сливки, творог, йогурт), из них 35 образцов молока. Проведенные исследования показали, что во всех исследованных образцах хлорамфеникола и стрептомицина обнаружено не было. Тетрациклин определили только в 20 % исследуемой продукции на уровне 0,52–0,81 мкг/кг при допуске 10 мкг/кг. Антибиотики пенициллиновой группы были определены только в молоке на уровне 0,39–0,84 мкг/кг при допустимых значениях 4 мкг/кг.

Таким образом, в результате проведенных исследований нами оптимизированы условия применения метода ИФА для определения остаточных количеств антибиотиков в молочной продукции. Показано, что все исследованные образцы соответствовали гигиеническим нормативам Республики Беларусь и Таможенного союза.

Поступила 07.09.2023

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИФЕНГИДРАМИНА ГИДРОХЛОРИДА ЭКСТРАКТИВНЫМ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

*Крымская Т. П., chromatographic@rspch.by,  
Лебединская К. С., chromatographic@rspch.by,  
Капелько И. М., chromatographic@rspch.by,  
Бондаренко Е. П., chromatographic@rspch.by,  
Чеботкова Д. В., chromatographic@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Дифенгидрамина гидрохлорид (2-(дифенилметокси)-N, N-диметилэтиламина гидрохлорид) является эффективным антигистаминным средством и используется для лечения морской болезни и экстрапирамидных симптомов, а также как противокашлевое средство. При приеме внутрь вызывает седативный и снотворный эффект, оказывает умеренное противорвотное действие, а также обладает центральной холинолитической активностью.

Для определения фармацевтической субстанции дифенгидрамина гидрохлорида (далее — димедрол) в фармацевтических препаратах и других матрицах используют метод спектрофотометрии. Известно, что экстрактивные спектрофотометрические методы широко используются при анализе лекарственных средств и применяются из-за их чувствительности для количественного определения многих фармацевтических соединений.

Целью исследования являлась разработка метода экстрактивного спектрофотометрического определения димедрола, основанного на образовании растворимых в дихлорметане ионно-ассоциативных комплексов между определяемой фармацевтической субстанцией с бромтимоловым синим (далее — БТС), бромфеноловым синим (далее — БФС), бромкрезоловым зеленым (далее — БКЗ), эриохромным черным Т (далее — ЭХЧ) и метиловым оранжевым (далее — МО) в кислой среде.

Спектральные измерения выполнены с использованием двухлучевого УФ/видимого спектрофотометра Agilent Cary 60 (Agilent Technologies, США) с диапазоном длин волн 190–1100 нм с кварцевыми кюветами с длиной оптического пути 10 мм. Для приготовления растворов индикаторов использовалась дистиллированная вода, 95%-й этиловый спирт и 0,02 н раствор гидроксида натрия. При приготовлении растворов индикаторов руководствовались ГОСТ 4919.1.

Растворы индикаторов БТС, БФС, БКЗ концентрацией  $5 \times 10^{-4}$  М готовили путем растворения точно взвешенного количества красителей в 0,02 н растворе гидроксида натрия, а затем разбавляли дистиллированной водой до метки в мерных колбах вместимостью 100 мл. Раствор МО концентрацией  $5 \times 10^{-4}$  М готовили разбавлением навески в горячей воде и доводили до метки дистиллированной водой. Раствор ЭХЧ концентрацией  $5 \times 10^{-4}$  М готовили в 95%-м этиловом спирте.

Натрий-ацетатный буфер pH = 4 (далее — ацетатный буфер) готовили путем разбавления ледяной уксусной кислоты и добавлением к полученному раствору 2%-го раствора гидроксида натрия до установления определенной концентрации ионов водорода.

Исходный раствор димедрола концентрацией 0,1 мг/мл готовили путем растворения 0,01 г навески сухого димедрола в ацетатном буфере в мерной колбе емкостью 100 мл.

В делительные воронки объемом 50 см<sup>3</sup> вносили 2,5 см<sup>3</sup> соответствующего красителя, затем добавляли аликвоты исходного раствора димедрола в буфере. В каждую воронку засыпали 1 г хлористого натрия и взбалтывали до полного растворения соли. Затем добавляли 7 см<sup>3</sup> дихлорметана и встряхивали в течение 5 минут. Двум фазам давали отстояться для четкого разделения, слой дихлорметана отбирали для последующего анализа, не допуская попадания капель буфера. Спектры поглощения комплексов, экстрагированных в дихлорметан, измеряли в режиме снятия спектров по отношению к дихлорметану.

Таким образом, разработан спектрофотометрический метод определения фармацевтической субстанции димедрола. Метод основан на экстракции димедрола в дихлорметан в виде комплексов ионных пар с БТС в кислой среде. Окрашенные продукты реакции демонстрировали максимумы поглощения при 410 нм для БТС, БФС, 415 для БКЗ, 515 для ЭХЧ и 425 для МО при молярных значениях поглощения, равных  $1,72 \times 10^4$ ;  $1,45 \times 10^4$ ;  $1,94 \times 10^4$ ;  $1,16 \times 10^4$  и  $1,01 \times 10^4$  л/моль × см соответственно. Условия реакции оптимизированы для получения максимальной интенсивности окраски. На метод не влияют незначительные изменения условий эксперимента, таких как pH, концентрация реагента или температура. Определению не мешает присутствие сахарозы, лактозы, стеарата кальция, крахмала. Предложенный метод применен в дальнейших исследованиях при разработке методики для определения димедрола в воздухе рабочей зоны с необходимой чувствительностью.

Поступила 21.09.2023

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ГАЛОПЕРИДОЛА В СЛЮНЕ ЧЕЛОВЕКА**

*Кузнецова Н. С., к. б. н., доцент, kns2702@yandex.ru*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Забайкальский государственный университет», г. Чита, Россия

Нейролептик галоперидол, являющийся производным бутирофенона, применяется в психиатрической практике для коррекции нарушений работы центральной нервной системы. Препарат известен более 60 лет, механизм его действия достаточно хорошо изучен, однако получение новых знаний о его фармакодинамике, фармакокинетике, внедрение новых неинвазивных методов контроля до сих пор представляется актуальной задачей. Один из перспективных аналитических методов — инфракрасная спектроскопия биологических материалов. Методы медицинского мониторинга, основанные на регистрации ксенобиотиков в слюне, имеют преимущество,

так как являются безболезненными для пациентов при заборе образцов. Анализ слюны достаточно информативен — концентрации веществ в слюне пропорциональны их содержанию в плазме крови.

Цель работы — оценить возможность использования метода инфракрасной спектроскопии для идентификации производного бутирофенона в слюне человека.

В исследовании использовалась слюна добровольцев мужского пола в возрасте 20–45 лет: 10 относительно здоровых людей, не принимавших лекарства в течение 14 дней (группа контроля); 10 пациентов, находящихся на лечении в психиатрической больнице, в протоколе лечения которых был Haloperidol (опытная группа). Сбор слюны проводился в соответствии с ГОСТ Р 53079.4-2008 в объеме 5 см<sup>3</sup>, далее биоматериал высушивался и исследовался на ИК-Фурье спектрометре FTIR-8400S «Shimadzu» в области 4000–400 см<sup>-1</sup> в таблетках с бромидом калия, приготовленных по стандарту. Расшифровку инфракрасных (далее — ИК) спектров осуществляли с помощью справочников. В качестве стандарта был взят таблетированный препарат галоперидола, содержащий 1,5 мг активного вещества (производитель — ООО «Озон», Российская Федерация).

Полученные ИК-спектры каждого образца были изучены, и установлено, что все пробы одной группы людей (контрольная и опытная) имеют сходную картину полос поглощения. Анализ был основан на химической структуре препарата, в формуле которого есть две характерные группы — галогены фтор и хлор, связанные с бензольным кольцом, которые можно взять в качестве маркеров данного вещества. Подобные группировки практически не встречаются в природных соединениях живых клеток. Тогда как остальные функциональные группы — гидроксильная, карбонильная, аминная — присутствуют в составе аминокислот, углеводов, липидов. Поэтому в ИК-спектре в первую очередь были идентифицированы полосы поглощения, характерные для колебаний связей хлора и брома с углеродом ароматического кольца.

Характеристические полосы поглощения находились в области 1111 см<sup>-1</sup> — валентные колебания C-F и 678 см<sup>-1</sup> — валентные колебания C-Cl. Также идентифицируются пики, принадлежащие бензольному кольцу: область 3032 см<sup>-1</sup> (валентные колебания C-H) и 771 см<sup>-1</sup> — деформационные сдвиги. На спектрах, соответствующих образцам слюны пациентов, принимавших галоперидол, присутствовали те же характерные полосы поглощения, что у стандартного препарата: в области 1126 см<sup>-1</sup> — связь C-F, 678 см<sup>-1</sup> — связь C-Cl, а также 3024, 771 см<sup>-1</sup> — связи ароматического кольца. Тогда как в спектрах проб слюны людей группы контроля эти пики отсутствовали. Подобная картина позволяет сделать вывод о достаточной информативности и перспективности ИК-спектрального анализа для определения галоперидола в слюне человека.

Таким образом, проведенное исследование показало возможность применения ИК-спектроскопии образцов слюны для идентификации препарата галоперидола. В качестве маркеров молекулы фармакологического средства могут быть использованы характеристические полосы поглощения в области 678, 1111–1126 см<sup>-1</sup>.

Поступила 06.09.2023

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В ВОЗДУШНЫХ ВЫТЯЖКАХ, ВЫДЕЛЯЕМОГО ИЗ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПАРАФИНОВ, ВОСКОВ И РЕЗИНО-ЛАТЕКСНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

*Лебединская К. С., chromatographic@rspch.by,  
Крымская Т. П., chromatographic@rspch.by,  
Чеботкова Д. В., chromatographic@rspch.by,  
Станишевская П. А., chromatographic@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Целью работы являлась разработка метрологически аттестованной методики определения уровня миграции в воздух бенз(а)пирена, содержащегося в изделиях из парафинов и восков, а также в изделиях из резино-латексных композиций, методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (далее — ВЭЖХ).

Объектами исследования были градуировочные растворы бенз(а)пирена и воздушные вытяжки из товаров народного потребления с добавлением стандартного раствора бенз(а)пирена в качестве модельных объектов.

ВЭЖХ-анализ проводили на жидкостном хроматографе Surveyor Plus (Thermo Fisher Scientific, США) с флуоресцентным детектором. Разделение осуществляли с использованием изократического режима элюирования на хроматографической колонке Zorbax Eclipse XDB C18 (5 мкм, 150 × 4,6 мм) (Agilent Technologies, США). Скорость потока элюента состава ацетонитрил : вода — 98 : 2 составила 0,5 см<sup>3</sup>/мин, длина волны детектирования — 290 нм.

Методика основана на концентрировании бенз(а)пирена в воздушной вытяжке на фильтры (при отборе проб воздуха из эксикатора отбирают его двухкратный объем с объемным расходом 0,5 дм<sup>3</sup>/мин для диапазона массовых концентраций от 5,0 до 100 нг/м<sup>3</sup>), двойной экстракции его с фильтров гексаном, полным удалением растворителя путем его упаривания и растворении сухого остатка в 0,5 см<sup>3</sup> ацетонитрила с последующим анализом на жидкостном хроматографе. Контрольную пробу воздуха отбирают аналогично из емкости без образца, выдержанной при аналогичных с испытуемым образцом условиях. Одновременно при проведении анализа готовят пробу с добавкой. Количественное определение проводили по предварительно построенному калибровочному графику. В диапазоне концентраций 0,1–2,0 нг/см<sup>3</sup> калибровочный график имеет линейную зависимость ( $y = 1298707x - 1048,75$ ; коэффициент корреляции — 0,9975).

Массовую концентрацию бенз(а)пирена, выделившегося из образца в воздушную вытяжку,  $X$ , нг/м<sup>3</sup>, определяют по формуле (1):

$$X = \frac{C \times V_2}{V_{\text{эксикатора}} \times Rec} \times 1000, \quad (1)$$

где  $C$  — массовая концентрация бенз(а)пирена в хроматографируемом растворе, найденная по градуировочному графику в соответствии с величиной площади хроматографического пика, нг/см<sup>3</sup>;

$V_2$  — объем экстракта, подготовленного для хроматографирования, см<sup>3</sup>,  $V_2 = 0,5$  см<sup>3</sup>;

$V_{\text{эксикатора}}$  — фактическая вместимость эксикатора, дм<sup>3</sup>,  $V_{\text{эксикатора}} = 10,0$  дм<sup>3</sup>;

1000 — коэффициент перевода дм<sup>3</sup> в м<sup>3</sup>;

$Rec$  — степень извлечения в относительных единицах.

Установлены параметры правильности, повторяемости, воспроизводимости методики в диапазоне измеряемых концентраций бенз(а)пирена в воздушной среде: предел повторяемости  $r = 10\%$ , предел промежуточной прецизионности  $R_{I(TO)} = 13\%$ , относительная расширенная неопределенность при  $P = 95\%$ ,  $k = 2$  для диапазона от 5,0 до 12,5 нг/м<sup>3</sup> вкл. равна 39%, для диапазона св. 12,5 до 100 нг/м<sup>3</sup> вкл. равна 21%.

Таким образом, разработанная методика аттестована и утверждена в установленном порядке. Может использоваться при определении массовой концентрации бенз(а)пирена в целях выполнения требований технических регламентов Таможенного союза ТР ТС 007/2011, ТР ТС 008/2011.

Поступила 21.09.2023

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ АЗИТРОМИЦИН В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Мачальская Е. С., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),

Бондаренко Е. П., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),

Крымская Т. П., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),

Саракач О. В., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Азитромицин — антибактериальный препарат широкого спектра действия из группы макролидов-азалидов. Механизм действия азитромицина связан с подавлением синтеза белка микробной клетки. Связываясь с 50S-субъединицей рибосом, угнетает пептидтранслоказу на стадии трансляции, по-

давляет синтез белка, замедляет рост и размножение бактерий. В высоких концентрациях оказывает бактерицидное действие. Обладает активностью в отношении ряда грамположительных, грамотрицательных, анаэробных, внутриклеточных и других микроорганизмов.

После приема внутрь азитромицин хорошо всасывается и быстро распределяется в организме. После однократного приема в дозе 500 мг биодоступность составляет 37 % за счет эффекта «первого прохождения» через печень. Максимальная концентрация лекарственного препарата в плазме крови (далее —  $C_{max}$ ) достигается через 2–3 ч.

Вещество относится к 1 классу опасности, основные возможные побочные действия азитромицина: головная боль, диарея, тошнота, рвота, боль в животе, нарушение зрения, одышка и другие.

Азитромицин оказывает негативное воздействие на здоровье людей, которые занимаются разработкой, анализом и производством данной фармацевтической субстанции. Разработанная методика измерений фармацевтической субстанции азитромицин в воздухе рабочей зоны необходима для соблюдения законодательства Республики Беларусь к условиям производства лекарственных средств и исключения риска его возможного воздействия на здоровье работающих. Предельно допустимая концентрация (далее — ПДК) — 0,3 мг/м<sup>3</sup>.

В воздухе азитромицин находится в виде аэрозоля, следовательно, для улавливания содержащихся частиц препарата отбор проб воздуха рабочей зоны осуществлялся аспирацией определенного объема воздуха через аэрозольный фильтр.

В азитромицине отсутствует достаточное количество хромофорных групп, что объясняет низкую молярную абсорбцию и слабые собственные спектроскопические свойства, следовательно, его нельзя определить с помощью прямой спектрофотометрии. Для нахождения азитромицина в воздухе рабочей зоны был выбран метод комплексообразования с бромфеноловым синим в среде ацетатного буфера с pH 3,0 с последующим определением получившегося окрашенного продукта на спектрофотометре при длине волны 415 нм в кварцевых кюветах с толщиной слоя 1 см.

При определении азитромицина использовали спектрофотометр «Cary 60», Agilent Technologies (США).

Изучалась эффективность извлечения азитромицина с фильтров различными органическими растворителями: метиловым спиртом, 96%-м этиловым спиртом, метиленхлоридом, ацетоном, хлороформом. Наибольшая степень извлечения достигалась при экстрагировании этанолом, поэтому в качестве экстрагента использовали его. Полученный экстракт концентрировали с помощью ротационного испарителя до объема примерно 0,1 см<sup>3</sup>, разбавляли до 2 см<sup>3</sup> дистиллированной водой, количественно переносили экстракт в делительную воронку, проводили реакцию с бромфеноловым синим в присутствии ацетатного буфера с pH = 3, экстрагировали полученный комплекс ионной пары хлороформом и далее проводили анализ на спектрофотометре при длине волны 415 нм.

Спектрофотометрическое определение включает следующие этапы:

- концентрирование азитромицина из воздуха на фильтры;
- экстракция его с фильтров органическим растворителем;
- упаривание экстракта на ротационном испарителе;
- разбавление экстракта дистиллированной водой;
- количественный перенос экстракта в делительную воронку и проведение реакции с бромфеноловым синим в присутствии ацетатного буфера с pH = 3;
- экстракция полученного комплекса ионной пары хлороформом;
- определение содержания окрашенного продукта реакции при длине волны 415 нм.

Проведенные исследования позволили разработать точную, высокоселективную и надежную методику, позволяющую определять азитромицин на уровне 0,5 ПДК.

Показатели точности метода измерений массовой концентрации азитромицина в воздухе рабочей зоны от 0,14 до 5,00 мг/м<sup>3</sup> составили: предел повторяемости —  $r = 12,4\%$ , предел промежуточной прецизионности —  $R_{I(TO)} = 30\%$ , относительная расширенная неопределенность —  $U = 13,2\%$ .

Разработанная методика формализована в аттестованную методику измерений АМИ.ГМ 0130-2022 «Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Массовая концентрация азитромицина в воздухе рабочей зоны. Методика измерений спектрофотометрическим методом».

Исследования выполнены в рамках задания 2.14 ГНТП «Разработка фармацевтических субстанций, лекарственных средств и нормативно-правового обеспечения фармацевтической отрасли».

Поступил 21.09.2023

# ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ФАКТОРОВ СРЕДЫ В СПЕЛЕОСТАЦИОНАРЕ

Николаева Е. А., *katya-nik@tut.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

В настоящее время в Республике Беларусь функционирует уникальный объект здравоохранения (спелеостационар ГУ «Республиканская больница спелеолечения»), созданный на территории действующего калийного рудника. Эффективность спелеотерапии в условиях калийных рудников определяется естественными параметрами спелеосреды и реализацией технических и организационных мероприятий, направленных на поддержание и стабилизацию факторов спелеосреды. Одним из таких мероприятий является производственный лабораторный контроль.

Производственный лабораторный контроль проводится для определения состояния спелеосреды лечебной зоны спелеостационара по следующим факторам: температура воздуха, относительная влажность воздуха, подвижность воздуха, концентрация соляного аэрозоля в воздушной среде, общее количество микроорганизмов в 1 м<sup>3</sup> воздуха, общее количество микроорганизмов на 100 см<sup>2</sup> поверхности стен, ионный состав воздуха (отрицательного и положительного знака), уровень звука и искусственная освещенность.

Производственный лабораторный контроль за соответствием параметров факторов спелеосреды гигиеническим нормативам проводится в основных выработках спелеостационара (терренкуры, линии, спортивные залы (залы лечебной физкультуры), библиотека и другие комнаты отдыха), где предусмотрено пребывание пациентов. Перечень параметров факторов спелеосреды, подлежащих измерению в спелеостационаре, и их допустимые значения установлены гигиеническим нормативом «Гигиенические и санитарно-микробиологические показатели безопасности воздушной среды помещений организаций, занимающихся оказанием медицинской помощи. Показатели безопасности наземных гало- и спелеоклиматических камер, спелеостационаров калийных рудников Республики Беларусь» (утвержденный постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 г. № 37, с изменениями от 29 ноября 2022 г. № 829).

Измерение параметров факторов спелеосреды проводится аккредитованными испытательными лабораториями в соответствии с утвержденным планом-графиком производственного лабораторного контроля за соответствием параметров факторов спелеосреды. План-график составляется на календарный год работы спелеостационара с учетом заездов пациентов.

План-график составляется уполномоченным сотрудником спелеостационара ежегодно и включает:

- перечень нормативных правовых актов и инструктивно-методических документов, использованных для разработки плана-графика;
- общие сведения об особенностях функционирования, графике работы спелеостационара;
- перечень параметров факторов спелеосреды, подлежащих лабораторному контролю;
- схему размещения точек для проведения измерений и отбора проб в отделениях спелеостационара, наименование факторов и количество исследований в каждой точке;
- календарный период проведения измерений и исследований;
- сведения о лице, ответственном за организацию и проведение исследований в соответствии с планом-графиком.

Следует отметить, что точки проведения измерений и отбора проб в отделениях спелеостационара располагают только в местах нахождения пациентов при проведении курса спелеотерапии. Количество выполняемых измерений и отбираемых проб устанавливается методикой проведения исследований по каждому фактору спелеосреды, при отсутствии специальных требований, в каждой точке выполняется не менее двух измерений и/или отбирается не менее двух проб.

Для осуществления долгосрочного контроля стабильности параметров факторов спелеосреды ежегодные измерения при производственном контроле в спелеостационаре проводят в разные календарные периоды (сезоны) к предыдущему году.

При производственном лабораторном контроле измерения параметров факторов спелеосреды и отбор проб выполняются во время бодрствования пациентов. Измерения параметров факторов спелеосреды физической природы (шум, искусственная освещенность, температура и относительная

влажность воздуха, подвижность воздуха, аэризация) и отбор проб воздуха для измерения содержания соляного аэрозоля, микробиологических параметров проводятся:

- в палатах — на высоте 1,0 м от поверхности почвы выработки;
- на терренкурах, линиях, в спортивных залах и комнатах отдыха — на высоте 1,5 м от поверхности почвы выработки.

Гигиеническая оценка параметров факторов спелеосреды проводится путем сравнения полученных фактических значений с соответствующими гигиеническими нормативами.

В случае изменения режима эксплуатации спелеостационара (режим работы, суточная численность пациентов, условия вентиляции и системы проветривания) и в иных случаях, способных оказывать влияние на фактические уровни параметров факторов спелеосреды, необходимо вносить изменения и дополнения в план-график.

Придерживаясь основных подходов к планированию и проведению производственного лабораторного контроля параметров факторов спелеосреды в спелеостационаре, соблюдая единые подходы при проведении отбора проб и измерения факторов спелеосреды, позволят в дальнейшем проводить профилактические меры по сохранению качественных и количественных характеристик спелеосреды подземных отделений спелеостационара для его долговременной эксплуатации.

Поступила 20.09.2023

## **МЕТОДИКА ЭКСПРЕСС-ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭРИТРОЗИНА (E127) В ПРИСУТСТВИИ ДРУГИХ СИНТЕТИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ В ЖИДКИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ**

<sup>1</sup>Плешак Е. М., *epleshak@mail.ru*,

<sup>2</sup>Лещев С. М., д. х. н., профессор, *leshev.sergey54@gmail.com*,

<sup>1</sup>Полянских Е. И., к. х. н., *alena.ip@mail.ru*,

<sup>1</sup>Бельшиева Л. Л., *llbelysheva@gmail.com*

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Существует метод определения в жидких пищевых продуктах запрещенного к использованию на территории стран-участников Евразийского экономического союза красителя эритрозина (E127) в соответствии с техническим регламентом Таможенного союза 021/2011 в присутствии других синтетических красителей методом высокоэффективной жидкостной хроматографии согласно СТБ 2547-2019. Представленный метод не может быть использован во внелабораторных условиях и представляться экспрессным, так как предусматривает применение высокотехнологичного оборудования.

В связи с этим целью работы являлась разработка метода селективного экспресс-определения E127 в присутствии кислотных синтетических красителей (E102, E104, E110, E122, E123, E124, E127, E128, E129, E131, E132, E133, E142, E143, E151, E155) в жидких пищевых продуктах, позволяющего оптимизировать анализ и проводить испытания без применения сложного аналитического оборудования.

Поставленная цель достигалась следующим образом: осуществляли выделение эритрозина из пробы путем ее подкисления до pH 1 с помощью 1 М раствора соляной кислоты, экстрагирования хлороформом, упаривания растворителя и разбавления экстракта в буферном растворе со значением pH 8,8, после чего визуально оценивали окраску раствора. Отсутствие розовой окраски свидетельствовало об отсутствии E127, наличие розовой окраски — о присутствии в образце E127, при этом его количественное определение проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 527 нм.

Положительный эффект достигался за счет того, что кислотные ионогенные красители (E102, E104, E110, E122, E123, E124, E127, E128, E129, E131, E132, E133, E142, E143, E151, E155), которые разрешены к использованию при производстве пищевых продуктов, при pH 1 растворимы в водной фазе, при этом E127 имеет кислотную форму, которая выпадает в осадок, но хорошо растворима в хлороформе, поэтому в данных условиях стало возможным отделить эритрозин от других пищевых красителей, что позволило селективно и быстро (в течение

10 минут) проводить определение эритрозина в винах, соках, напитках. При этом достигается оптимизация испытаний за счет возможности проведения анализа во внелабораторных условиях (например, при проведении таможенных испытаний) без использования высокотехнологичного оборудования. Возможно также проведение количественного определения E127 спектрофотометрическим методом.

Предел обнаружения E127 в жидких пищевых продуктах по разработанному методу за счет концентрирования составил 1,2 мг/кг, что сопоставимо с пределом обнаружения красителя (1,0 мг/кг) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии по СТБ 2547-2019.

Поступила 18.09.2023

## ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНСЕКТИЦИДА АМИТРАЗ И ЕГО МЕТАБОЛИТОВ В ЭКСТРАКЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ВОДА — ОРГАНИЧЕСКИЙ РАСТВОРИТЕЛЬ

<sup>1</sup>Полоневиц А. Г., [gannapalanevich@google.com](mailto:gannapalanevich@google.com),

<sup>2</sup>Лещев С. М., д. х. н., профессор, [leshev.sergey54@gmail.com](mailto:leshev.sergey54@gmail.com),

<sup>1</sup>Булгакова О. А., [mjuse@rambler.ru](mailto:mjuse@rambler.ru),

<sup>1</sup>Бельшева Л. Л., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by)

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Амитраз является инсектицидом, применяемым для борьбы с клещами *Varroa*, которые вызывают у пчел заболевание варроатоз. Данное соединение нестабильно, его основными метаболитами являются N-(2,4-диметилфенил)-N'-метилимидоформамид (далее — ДМФФ), N-(2,4-диметилфенил)формамид (далее — ДМФ) и 2,4-диметиланилин (далее — ДМА). Поскольку амитраз и продукты его распада токсичны для человека, регламентируют суммарное остаточное содержание данных веществ в меде: максимально допустимый уровень суммы остатков амитраза и его метаболитов, содержащих 2,4-диметиланилиновую группу, составляет 200 мкг/кг. Для рутинного контроля меда на соответствие нормированию необходима методика, включающая доступную, простую в реализации, нетрудоемкую пробоподготовку. Данным условиям наилучшим образом отвечает жидкость-жидкостная экстракция.

Целью настоящей работы явилось изучение распределения амитраза, ДМФФ, ДМФ и ДМА в экстракционных системах вода — органический растворитель для установления оптимальных экстрагентов инсектицида и его метаболитов из водных растворов меда.

Объектами исследования являлись водные растворы метаболитов амитраза концентрациями 100 нг/мл с величиной pH 10,9. В качестве органических экстрагентов выступали *n*-гексан, толуол, дихлорметан, хлороформ. Величины отношения объемов водной и органической фаз варьировали в диапазоне от 1 до 40. Значения концентраций веществ в равновесных водных фазах определяли с помощью тандемной хромато-масс-спектрометрии по градуировочным графикам. Значения констант распределения рассчитывали по убыли аналитов из водной фазы. Поскольку величины констант распределения амитраза высоки, их прямое определение затруднительно и неточно, оценивали только наименьшую константу распределения для системы вода — *n*-гексан на основании исследования растворимости амитраза в данных растворителях.

Согласно полученным оценкам констант распределения, экстрагирующая способность растворителей увеличивается в следующем порядке: *n*-гексан, толуол, дихлорметан, хлороформ. Направления увеличения значений констант распределения для систем водная фаза — *n*-гексан — ДМФ < ДМФФ < ДМА < амитраз, для остальных систем — ДМФ < ДМА < ДМФФ < амитраз.

На основании полученных данных сделан вывод о том, что *n*-гексан является наиболее эффективным и селективным экстрагентом амитраза (оценка соответствующей константы распределения составила  $1,3 \times 10^5$ ). Также *n*-гексан позволяет достичь количественного извлечения ( $\geq 95\%$ ) ДМФФ и ДМА, однако на стадии концентрирования органических экстрактов упариванием наблюдаются непостоянные по величине потери ДМА. Таким образом, *n*-гексан целесообразно использовать для определения содержания самого инсектицида в меде.



Для одновременного определения амитраза и трех его метаболитов согласно величинам констант распределения потенциально возможными экстрагентами являются и толуол, и изученные хлоралканы. Однако толуол характеризуется наименьшими константами распределения и неудобен с практической точки зрения в силу его высокой температуры кипения. Из двух подобных по экстракционной способности хлоралканов оптимальным является дихлорметан с более низкой температурой кипения. Дихлорметан позволяет за одну экстракцию количественно извлечь все соединения при соотношении объема органической фазы к объему водной фазы, равном 1 : 3. Использование дихлорметана не требует дополнительной очистки экстрактов и позволяет концентрировать аналиты упариванием без нагревания либо при умеренном повышении температуры.

На основании полученных результатов разработали способ определения массовой доли амитраза ДМФФ, ДМФ и ДМА в меде с помощью жидкость-жидкостной экстракции дихлорметаном и метода высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием.

Поступила 18.09.2023

## СПОСОБ ЭФФЕКТИВНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ХЛОРАМФЕНИКОЛА ИЗ ПРОБ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ, ОСНОВАННЫЙ НА ЖИДКОСТЬ-ЖИДКОСТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ

<sup>1</sup>Полоневич А. Г., [gannapalanevich@google.com](mailto:gannapalanevich@google.com),

<sup>2</sup>Лецев С. М., д.х.н., профессор, [leshev.serгей54@gmail.com](mailto:leshev.serгей54@gmail.com),

<sup>1</sup>Полянских Е. И., к.х.н., [alena.ip@mail.ru](mailto:alena.ip@mail.ru),

<sup>1</sup>Бельшева Л. Л., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by)

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Хлорамфеникол — антимикробный препарат широкого спектра действия, известный способностью вызывать апластическую анемию. В связи с данной особенностью хлорамфеникол стремятся заменять аналогами, не обладающими столь тяжелыми побочными действиями, а для контроля безопасности пищевой продукции животного происхождения установили максимально допустимый уровень остаточного содержания хлорамфеникола: «не допускается (< 0,0003 мг/кг)» (на территории Республики Беларусь и стран Евразийского экономического союза).

Для мониторинга содержания данного антибиотика в пищевой продукции необходима методика, включающая доступную, простую пробоподготовку, возможность реализации которой не зависит от наличия импортируемых расходных материалов, широко используемых согласно межгосударственным стандартам (например, готовых картриджей для твердофазной экстракции, наборов QuEChERS). Данным критериям наилучшим образом отвечает жидкость-жидкостная экстракция.

Цель настоящей работы — разработка способа эффективного извлечения хлорамфеникола из проб пищевой продукции, основанного на жидкость-жидкостной экстракции. Выбор оптимальных условий извлечения хлорамфеникола из проб пищевой продукции потребовал изучения распределения хлорамфеникола в экстракционных системах «водная фаза — органический растворитель». Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи: установлены константы распределения хлорамфеникола в экстракционных системах «вода — органический растворитель» и «водный раствор сульфата аммония — дихлорметан». Содержание хлорамфеникола в исследуемых растворах определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией (далее — ВЭЖХ–МС/МС).

Для оценивания констант распределения в экстракционных системах «вода — органический растворитель» использовали водные растворы хлорамфеникола 10 нг/см<sup>3</sup> и 4 нг/см<sup>3</sup> и следующие органические растворители: *n*-бутанол, *n*-гексан, хлороформ, смесь хлороформа и ацетона объемным соотношением 2 : 1, этилацетат, дихлорметан, дихлорэтан, толуол. Исходное соотношение объемов водной и органической фаз составляло от 1 : 1 до 1 : 10. Концентрацию хлорамфеникола

определяли для одной из равновесных фаз — водной или органической. Концентрацию в другой равновесной фазе оценивали по разности концентраций в исходном растворе хлорамфеникола и в исследованной фазе.

Согласно полученным оценкам констант распределения  $P$  хлорамфеникола, органические растворители по экстракционной способности выстраиваются следующим образом:  $n$ -гексан ( $\lg P = -1,82$ ) < толуол ( $\lg P = -1,49$ ) < хлороформ ( $\lg P = -0,58$ ) < дихлорэтан ( $\lg P = -0,27$ ) < дихлорметан ( $\lg P = -0,26$ )  $\approx$  < смесь хлороформа и ацетона ( $\lg P = 0,80$ )  $\approx$   $n$ -бутанол ( $\lg P = 0,83$ ) < этилацетат ( $\lg P = 1,62$ ). Данная последовательность соответствует увеличению полярности изученных растворителей, а также переходу от реализации исключительно ван-дер-ваальсовых взаимодействий для гексана к одновременному осуществлению и ван-дер-ваальсовых, и специфических взаимодействий ( $\pi$ - $\pi$ , кислотно-основных) между молекулами аналита и органического растворителя.

Таким образом, установлено, что этилацетат наиболее эффективен для извлечения хлорамфеникола, однако, соэкстрагируя многочисленные сопутствующие компоненты матрицы, он обуславливает необходимость последующей очистки, например, методом твердофазной экстракции. Наименее эффективный гексан, напротив, удобен для предварительного обезжиривания проб пищевой продукции.

Оптимальное решение представляют органические растворители, которые обеспечивают и достаточное извлечение аналита, и незначительное экстрагирование нецелевых компонентов анализируемых образцов. Первому условию не отвечают  $n$ -гексан, толуол и хлороформ, второму — смесь хлороформа и ацетона,  $n$ -бутанол и этилацетат. Выбирая из дихлорметана и дихлорэтана, каждый из которых позволяет за одну экстракцию при равных объемах фаз извлечь треть (36 % и 35 %, соответственно) антибиотика и получить приемлемые по чистоте экстракты, остановились на дихлорметане. Преимуществом дихлорметана явилась его невысокая температура кипения, что позволяет осуществлять последующее концентрирование упариванием растворителя при незначительном нагревании или без него.

Однако количественное извлечение хлорамфеникола (степень извлечения не менее 95 %) дихлорметаном из водного раствора может быть достигнуто либо однократной экстракцией большим избытком дихлорметана (в 35 раз), что неэкономно и приводит к чрезмерному разбавлению, либо двукратной экстракцией, что требует большего времени и менее практично для поточных исследований. Наилучшим способом увеличения извлечения хлорамфеникола является использование высаливателя, которым может выступать сульфат аммония.

Для установления необходимого количества сульфата аммония с целью извлечения антибиотика оценивали константы распределения хлорамфеникола в экстракционных системах «дихлорметан — водные растворы сульфата аммония». Использовали водные растворы сульфата аммония молярными концентрациями от 0,5 до 4,0 моль/дм<sup>3</sup>, содержащие антибиотик массовой концентрацией 10 нг/см<sup>3</sup>; исходное соотношение объемов водной и органической фаз составляло 1 : 1 либо 1 : 2. Измеряли содержание хлорамфеникола в равновесной органической фазе, концентрацию хлорамфеникола в равновесной водной фазе рассчитывали по разности концентраций в исходном водном растворе и в равновесной органической фазе.

Согласно полученным оценкам констант распределения, увеличение концентрации сульфата аммония на 1 моль/дм<sup>3</sup> обеспечивает увеличение логарифма константы распределения хлорамфеникола более чем на треть логарифмической единицы: так,  $\lg P$  для системы с концентрацией сульфата аммония в водной фазе 4,0 моль/дм<sup>3</sup> составил 1,09, а добавление сульфата аммония в водную фазу в количестве 3 моль/дм<sup>3</sup> позволяет достичь 95%-й степени извлечения антибиотика при соотношении объемов водной и дихлорметановой фаз, равном 0,3.

На основании полученных данных разработали способ извлечения хлорамфеникола жидкостно-жидкостной экстракцией дихлорметаном из предварительно обезжиренного  $n$ -гексаном водного раствора пробы пищевого продукта, содержащего сульфат аммония в молярной концентрации 3 моль/дм<sup>3</sup>, с последующим концентрированием аналита упариванием органического экстрагента в токе азота.

Поступила 21.09.2023

## ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ МЕТОДОМ АЭС-ИСП

Савинов С. С., к. х. н., s.s.savinov@spbu.ru,  
Тлеужанова Р. Д., st091194@student.spbu.ru

Институт химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Россия

Источником питательных веществ для растений является почва. Она обладает способностью удерживать в себе различные химические вещества, а также контролировать их перенос в окружающую среду и, соответственно, в живые организмы. Однако эти свойства почвенного покрова способствуют накоплению загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов (далее — ТМ), которые условно разделяют на две группы: являющиеся и не являющиеся микроэлементами. Последние даже в минимальных количествах приводят к нарушению физиологических процессов живых существ — например, к ним относят кадмий, свинец, олово. ТМ, относящиеся к микроэлементам, в определенных количествах являются необходимыми для поддержания жизнедеятельности животных и растений; к ним относятся цинк, медь, марганец, железо, кобальт и др. ТМ присутствуют в почвенном покрове в различных формах, наиболее значимой среди них является их подвижная форма, поскольку она усваивается растениями. Определение содержания подвижных форм ТМ в почвах важно для оценки экологической обстановки, которая определяет необходимость проведения мероприятий, обезвреживающих различные токсические вещества.

Согласно действующим нормативным документам, для определения содержания подвижных форм ТМ в почвах после их извлечения ацетатно-аммонийным буферным раствором экстракт сразу подвергают анализу, используя разные методы, в том числе атомно-эмиссионную спектрометрию с индуктивно связанной плазмой (далее — АЭС-ИСП). Данный метод широко используется в современных лабораториях ввиду его экспрессности, возможности проведения многоэлементного анализа с высокой точностью. Однако в анализе методом АЭС-ИСП могут возникать спектральные и неспектральные помехи, из последних вклад в искажение результатов может вносить различие в физических свойствах анализируемых и стандартных растворов, что обусловлено особенностями распылительной системы для ввода пробы в прибор. Градуировочные растворы обычно готовят разбавлением исходного многоэлементного стандарта раствором азотной кислоты (например, 1%-й). В реальных исследуемых экстрактах почв кроме буферного раствора присутствует большое количество растворенных солей и органических соединений. Все это может привести к некорректности получаемых результатов при определении концентраций ТМ методом АЭС-ИСП.

Экспериментальным путем на модельных растворах было показано отсутствие влияния концентрации буферного раствора на найденную концентрацию широкого набора элементов. Чтобы исследовать влияние органических соединений и солевого фона, которые также присутствуют в почвенной вытяжке, был проведен анализ нескольких образцов почв, содержащих разное количество этих компонентов матрицы. В ходе данной работы было продемонстрировано наличие матричного влияния, которое при этом проявлялось в разной степени для разных проб почв.

Для его нивелирования были использованы различные подходы к пробоподготовке экстрактов, а именно минерализация азотной кислотой и разбавление. Оба способа приводят к удовлетворительным результатам, но ввиду большей экспрессности и экономичности разбавление экстрактов в 5–10 раз раствором 1%-й азотной кислоты является более предпочтительным для определения подвижных форм широкого набора элементов, в том числе ТМ, в почвах методом АЭС-ИСП. Правильность получаемых результатов по предложенной схеме была подтверждена в результате проверки методом «введено-найдено».

*Авторы выражают благодарность ресурсному центру Научного парка СПбГУ «Методы анализа состава вещества», чье оборудование было использовано при выполнении исследования.*

Поступила 11.09.2023

## КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛОДИНАФОП-ПРОПАРГИЛА И КЛОКВИНТОСЕТ-МЕКСИЛА В ОБЪЕКТАХ ЭКОМОНИТОРИНГА

Снапкова И. М., *chromatographic@rspch.by*,  
Тимошенко К. В., *chromatographic@rspch.by*,  
Капелько И. М., *chromatographic@rspch.by*,  
Крымская Т. П., *chromatographic@rspch.by*,  
Табелева Н. Н., к. м. н., *nmio@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Клодинафоп-пропаргил является активным компонентом пестицидных препаратов (последующих гербицидов), применяемых на посевах хлебных злаков для борьбы с однолетними злаковыми сорняками. Клоквинтосет-мексил входит в состав гербицидных препаратов в качестве антидота, повышающего устойчивость культивируемого злака к действию гербицидного компонента.

Препараты на основе клодинафоп-пропаргила и клоквинтосет-мексила относят ко 2 классу опасности для человека.

В соответствии с гигиеническими нормативами, действующими в Республике Беларусь, максимально допустимый уровень содержания клодинафоп-пропаргила в почве составляет 0,2 мг/кг, воде водоемов — 0,01 мг/дм<sup>3</sup>, воздухе рабочей зоны — 0,6 мг/м<sup>3</sup>, атмосферном воздухе — 0,002 мг/м<sup>3</sup>, зерне хлебных злаков — 0,05 мг/кг; клоквинтосет-мексила в почве — 0,07 мг/кг, воде водоемов — 0,001 мг/дм<sup>3</sup>, воздухе рабочей зоны — 0,8 мг/м<sup>3</sup>, атмосферном воздухе — 0,01 мг/м<sup>3</sup>, зерне хлебных злаков — 0,1 мг/кг.

Количественное определение клодинафоп-пропаргила и клоквинтосет-мексила проводят методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с тандемным масс-спектрометрическим детектированием. Разделение аналитов происходит на хроматографической колонке, заполненной C18-модифицированным силикагелем. Элюирование проводят в градиентном режиме при начальном соотношении: 50 % подвижной фазы А и 50 % подвижной фазы Б, до 10 мин соотношение компонентов изменяется до 10 % подвижной фазы А и 90 % подвижной фазы Б, данное соотношение остается постоянным до конца анализа (подвижная фаза А — 0,1%-й раствор муравьиной кислоты в деионизированной воде, подвижная фаза Б — 0,1%-й раствор муравьиной кислоты в метаноле). Скорость подвижной фазы составляет 0,3 см<sup>3</sup>/мин, температура колонки — 30 °С, объем вводимой пробы — 1 мм<sup>3</sup>, время анализа — 15 мин.

Детектирование аналитов проводят в условиях положительной полярности, при напряжении, подаваемом на фрагментатор, равном 94 В, и времени измерения в цикле — 65 мс, тип ионизации — электрораспылительная. Родительский ион клодинафоп-пропаргила имеет значение *m/z*, равное 350,1; клоквинтосет-мексил — 336,1. Количественное определение осуществляют методом абсолютной калибровки по дочерним ионам, имеющим наиболее интенсивный сигнал: клодинафоп-пропаргил — 266,0 (СЕ = 13 В), клоквинтосет-мексил — 237,9 (СЕ = 13 В). Идентификация веществ производится по времени удерживания и отношению площадей пиков вспомогательных дочерних ионов (клодинафоп-пропаргил — 238,1 (СЕ = 21), 90,0 (СЕ = 33); клоквинтосет-мексил — 192,0 (СЕ = 29), 179,0 (СЕ = 33)) к площади пика основного дочернего иона в режиме мониторинга множественных реакций.

*Анализ образцов воды.* Аликвоту образца воды объемом 10 см<sup>3</sup> фильтруют через фильтр из регенерированной целлюлозы с диаметром пор 0,2 мкм, отбрасывая первые 5 см<sup>3</sup> фильтрата и хроматографируют.

*Анализ образцов воздуха рабочей зоны и атмосферы.* Бумажный фильтр с отобранной пробой воздуха помещают в стеклянный флакон объемом 40 см<sup>3</sup>. Затем прибавляют 20,0 см<sup>3</sup> растворителя, помещают на встряхиватель типа Vortex на 15 мин при частоте 2000 движений в минуту. Растворы, полученные из проб воздуха рабочей зоны, разбавляют в 100 раз растворителем, а растворы, полученные из проб воздуха атмосферы, не разбавляют. Полученный раствор фильтруют через фильтр из регенерированной целлюлозы с диаметром пор 0,2 мкм, отбрасывая первые 5 см<sup>3</sup> фильтрата, и хроматографируют.

*Анализ образцов почвы и растительного материала.* В пробирку для центрифугирования вместимостью 50 см<sup>3</sup> помещают 4,0 г безводного сульфата магния, 1,0 г хлорида натрия, 0,5 г динатрия гидрогенцитрата полугидрата, 1,0 г тринатрия цитрата дигидрата (либо используют пробирку с готовой смесью для экстракции, например CHROMABOND QuEChERS Mix I) и навеску предварительно просеянной пробы почвы или измельченной пробы растительного материала массой 5,0 г,

добавляют 10 см<sup>3</sup> деионизированной воды, интенсивно встряхивают в течение 5 сек, затем приливают 5 см<sup>3</sup> ацетонитрила. Пробирки с полученной смесью помещают на встряхиватель типа Vortex, на 10 мин при частоте 2000 движений в минуту, затем центрифугируют при ускорении 3000 RCF 10 мин. Отбирают 5,0 см<sup>3</sup> верхнего слоя жидкой фазы, переносят в центрифужную пробирку объемом 15 см<sup>3</sup> и помещают в морозильную камеру на 3 часа при температуре –18 °С. После выдерживания в морозильной камере пробирку центрифугируют при 3000 RCF 3 мин. После центрифугирования супернатант переносят в центрифужную пробирку объемом 15 см<sup>3</sup>, содержащую 750 мг тонкомолотого порошка безводного сульфата магния и 125 мг сорбента С18. Пробирки с полученной смесью помещают на встряхиватель типа Vortex на 10 мин при частоте 2000 движений в минуту, затем центрифугируют при ускорении 7000 RCF 10 мин. Надосадочную жидкость отбирают, фильтруют через фильтр из регенерированной целлюлозы с диаметром пор 0,2 мкм и хроматографируют.

Предложенный метод позволяет проводить определение клодинафоп-пропаргила и клоквиносет-мексила в воде в диапазоне концентраций 0,0005–0,01 мг/дм<sup>3</sup> при степени извлечения 98 %, в воздухе атмосферы в диапазоне концентраций 0,001–0,02 мг/м<sup>3</sup> и воздухе рабочей зоны в диапазоне концентраций 0,2–4,0 мг/м<sup>3</sup> при степени извлечения 95 %, в почве и растительном материале в диапазоне 0,01–0,2 мг/м<sup>3</sup> при степени извлечения 95 %.

Поступила 20.09.2023

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТУЙОНА МЕТОДОМ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

*Тимофеева О. Н., elmercvet@mail.ru,  
Полянских Е. И., к. х. н., alena.ip@mail.ru,  
Бельшева Л. Л., llbelysheva@gmail.com*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Туйон является компонентом эфирных масел растений, традиционно используемых для ароматизации пищевых продуктов и напитков, а также в качестве лекарственных средств: полыни, шалфея, можжевельника, туи, тимьяна, розмарина. Указанные выше растения могут применяться при производстве алкогольных напитков.

Содержание туйона в алкогольных напитках, в том числе произведенных с использованием полыни, регулируется во многих странах. В Республике Беларусь содержание туйона нормируется в техническом регламенте Таможенного союза 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» (далее — ТР ТС 029/2012). Максимальный уровень содержания туйона составляет 10 мг/дм<sup>3</sup> для алкогольных напитков и 35 мг/дм<sup>3</sup> для алкогольных напитков, произведенных с использованием полыни. Безалкогольные напитки должны содержать не более 0,5 мг/дм<sup>3</sup> туйона.

В данное время официально утвержденный метод определения туйона в алкогольных напитках в Республике Беларусь отсутствует. Исходя из вышеизложенного, разработка и метрологическая аттестация методики измерений содержания туйона в алкогольной продукции являются актуальной и важной задачей.

Были установлены оптимальные условия хроматографирования, позволяющие с высокой чувствительностью осуществлять идентификацию и количественное определение  $\alpha$ - и  $\beta$ -изомеров туйона (компонент эфирных масел растений, нормируется согласно ТР ТС 029/2012) в алкогольных и безалкогольных напитках. В результате изучения были установлены следующие оптимальные условия хроматографирования:

- колонка DB-FFAP (60 м × 0,53 мм × 1,0 мкм);
- давление газа-носителя на входе в колонку — 40 КПа;
- скорость потока газа-носителя — 54,7 см/сек;
- деление потока газа-носителя — 7 : 1;
- температура испарителя — 230 °С;
- температура детектора — 250 °С;
- программирование температуры термостата колонки: от 65 °С (изотерма 5 мин) со скоростью 10 °С/мин до 130 °С; от 130 °С до 140 °С со скоростью 1 °С/мин; от 140 °С до 190 °С со скоростью 10 °С/мин.

Время выхода  $\alpha$ -туйона — 17,12 мин,  $\beta$ -туйона — 17,77 мин, внутреннего стандарта метилдеcanoата — 22,47 мин.

Показано, что при количественном определении изомеров туйона могут быть применены методы абсолютной градуировки и внутреннего стандарта с использованием градуировочных растворов с концентрацией в диапазоне 2,0–20,0 мг/дм<sup>3</sup>. Оптимальным является использование метилдеcanoата в качестве внутреннего стандарта.

Изучение условий пробоподготовки при определении туйона в алкогольных и безалкогольных напитках, в том числе содержащих сахар, показало, что при проведении жидкость-жидкостной экстракции оптимально использовать хлористый метилен в соотношении водной и органической фаз 20 : 1. При указанном соотношении фаз достаточно проведение однократной экстракции для условий количественного определения изомеров туйона. Степень извлечения составила 98,7–99,5 %. Улучшение разделения водной/водно-этанольной и органической фаз может быть достигнуто центрифугированием в течение 5 мин при 5000 об/мин.

Показано, что наличие в пробе сахара не влияет на результаты экстракции изомеров туйона из проб алкогольных и безалкогольных напитков.

Установлено, что применение упаривания растворителя после проведения экстракции изомеров туйона из проб алкогольных и безалкогольных напитков с целью концентрирования экстракта не может быть применимо, так как приводит к значительным потерям искомым анализом. Очистку проб от интерферирующих соединений и концентрирование анализом следует проводить на картриджах для твердофазной экстракции, заполненных сорбентом с привитыми неполярными группами C18.

Проведены экспериментальные исследования по набору статистических данных для метрологической аттестации методики измерения массовой концентрации туйона в алкогольных и безалкогольных напитках.

Значение относительной расширенной неопределенности составило 14,5 % для  $\alpha$ -туйона и 17,0 % для  $\beta$ -туйона в алкогольных напитках и 14,0 % для  $\alpha$ -туйона и 15,8 % для  $\beta$ -туйона — в безалкогольных напитках.

Установлены пределы обнаружения и количественного определения, которые составили 0,14 мг/дм<sup>3</sup> и 0,41 мг/дм<sup>3</sup> для  $\alpha$ -туйона и 0,15 мг/дм<sup>3</sup> и 0,46 мг/дм<sup>3</sup> для  $\beta$ -туйона в алкогольных напитках соответственно; в безалкогольных напитках — 0,01 мг/дм<sup>3</sup> и 0,04 мг/дм<sup>3</sup> для  $\alpha$ -туйона и 0,01 мг/дм<sup>3</sup> и 0,03 мг/дм<sup>3</sup> для  $\beta$ -туйона соответственно.

Разработанная методика «Массовая концентрация туйона в алкогольных и безалкогольных напитках. Методика измерений методом газожидкостной хроматографии с пламенно-ионизационным детектированием» (АМИ. МГ 0008-2023) прошла метрологическую аттестацию. Внедрение указанной методики в практику учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, позволит количественно определять его содержание в алкогольных и безалкогольных напитках, эффективно контролировать содержание туйона в продукции, производимой в Республике Беларусь и импортной, на соответствие требованиям ТР ТС 029/2012.

Поступила 18.09.2023

## **УСТАНОВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА ЭКСТРАКЦИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ БИОПЕСТИЦИДА НА ОСНОВЕ МАТРИНА В РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦАХ**

*Тимошенко К. В., chromatographic@rspch.by,  
Капелько И. М., chromatographic@rspch.by,  
Крымская Т. П., chromatographic@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Матрин — пестицид контактно-кишечного действия. Алкалоид семейства Мотыльковых (Бобовых), относится к группе лупиновых алкалоидов (алкалоиды группы лупинана). Используется для борьбы с широким спектром вредителей на овощах, плодово-ягодных культурах, декоративных кустарниках.

Целью настоящей работы являлся подбор оптимального метода экстракции матрицы из растительных материалов для дальнейшего его определения с использованием хромато-масс-спектрометрии.

Объектами исследования являлись образцы растительного происхождения (огурцы), для обработки которых были применены препараты на основе матрицы.

Известны три способа экстракции остаточных количеств пестицидов из растительных образцов, состоящие из следующих стадий.

1. Классический метод QuEChERS:

- экстракция ацетонитрилом из навески измельченного образца;
- разделение водной и органической фаз с помощью смеси сульфата магния и хлорида натрия;
- отделение образца центрифугированием;
- очистка экстракта с помощью дисперсионной твердофазной экстракции (аминосорбент, октадецилсилил-модифицированный силикагель, активированный уголь);
- центрифугирование для отделения сорбента.

2. Цитратный метод по СТБ EN 15662-2022:

- экстракция ацетонитрилом из навески измельченного образца;
- разделение водной и органической фаз с помощью смеси безводного сульфата магния, хлорида натрия, динатрия гидрогеницитрата полуторагидрата, тринатрия цитрата дигидрата;
- отделение образца центрифугированием;
- очистка экстракта с помощью дисперсионной твердофазной экстракции (аминосорбент, октадецилсилил-модифицированный силикагель, активированный уголь);
- центрифугирование для отделения сорбента.

3. Ацетатный метод по АОАС 2007.01:

- экстракция ацетонитрилом из навески измельченного образца;
- разделение водной и органической фаз с помощью смеси сульфата магния и ацетата натрия;
- отделение образца центрифугированием;
- очистка экстракта с помощью дисперсионной твердофазной экстракции (аминосорбент, октадецилсилил-модифицированный силикагель, активированный уголь);
- центрифугирование для отделения сорбента.

Для установления оптимального метода экстракции проведены исследования степени извлечения матрицы из проб, содержащих известное количество пестицида.

Эффективность экстракции оценивали на основании коэффициента извлечения, для чего в испытуемый образец вносили известное количество стандарта и определяли его концентрацию после экстракции. Анализ проводили на жидкостном хроматографе Agilent 1290 Infinity II, соединенном с тандемным масс-спектрометром Ultivo G6400, ионизацией в электроспрее (ВЭЖХ-ESI-МС/МС), в режиме мониторинга множественных реакций (MRM). Идентификация матрицы производилась по времени удерживания и отношению площадей пиков вспомогательных дочерних ионов к площади пика основного дочернего иона при МС/МС (MRM) переходе. Количественное определение осуществляют методом абсолютной калибровки.

Коэффициенты извлечения составили: классический метод – 56,3%, цитратный – 78,8%, ацетатный – 72,4%.

На основании полученных данных сделан вывод о том, что метод СТБ EN 15662-2022 является наиболее эффективным. В этом методе используется следующая смесь солей: 4,0 г безводного сульфата магния, 1,0 г хлорида натрия, 0,5 г динатрия гидрогеницитрата полуторагидрата, 1,0 г тринатрия цитрата дигидрата. Коэффициент извлечения составил 78,8%.

Полученные результаты были использованы для разработки методики определения матрицы в растительных материалах с помощью экстракции по методу QuEChERS и дальнейшего анализа методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией.

Поступила 20.09.2023

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРПИРИФОСА В РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Шилова Н. А., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),  
Ивашкевич Л. С., к. т. н, [iwl@mail.ru](mailto:iwl@mail.ru),  
Крымская Т. П., [Chromatographic@rspch.by](mailto:Chromatographic@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Хлорпирифос является действующим веществом ряда инсектицидных препаратов для бытового применения и использования в сельском хозяйстве. Вещество также обладает фумигантной активностью и способностью проникать в ткани обработанных растений [https://www.pesticidy.ru/active\\_substance/chlorpyrifos](https://www.pesticidy.ru/active_substance/chlorpyrifos) — lit\_source\_127.

Хлорпирифос имеет второй класс опасности. Попадая в организм человека, он воздействует на нервную систему. Кроме того, будучи самым стойким из фосфорорганических соединений, он обладает кумулятивным действием.

В соответствии с гигиеническими нормативами, действующими в Республике Беларусь, максимально допустимый уровень содержания хлорпирифоса в разных растительных материалах — 0,01–2,0 мг/кг, что определяет высокие требования к методике определения токсиканта.

Целью работы была разработка методики определения хлорпирифоса в растительных материалах, отличающейся простотой исполнения и высокой чувствительностью.

Хлорпирифос представляет собой белое кристаллическое вещество. Растворимость в органических растворителях (мг/дм<sup>3</sup> при 20 °С) составляет: в метаноле — 290 000, в гексане — 774 000, в этилацетате — 4 000 000, в толуоле — 4 000 000. Растворимость в воде при 20 °С — 1,05 мг/дм<sup>3</sup>. Хлорпирифос устойчив в нейтральной и кислой средах, относительно быстро гидролизует в щелочной среде.

В настоящее время известно несколько методик определения остаточного количества данного вещества в растительных материалах: МУК 4.1.2918-11, МУК 4.1.2024-05, МУК 4.1.1908-04. Методики основаны на методе газожидкостной хроматографии с использованием детектора электронного захвата. Алгоритм проведения пробоподготовки в этих методиках имеет существенные отличия. Как правило, извлечение ксенобиотика проводят трехкратной экстракцией ацетонитрилом. Для удаления коэкстрактивных веществ используют хлорид натрия, колонку с флоризилом или окисью алюминия. Во всех методиках пробоподготовка отличается длительностью и трудоемкостью. Следует также отметить, что данная стадия анализа в значительной степени определяет величину погрешности определения, а также степень извлечения аналита.

Для удешевления и снижения трудозатрат нами частично использовался способ, предложенный в работе Зайца М. Ф., 2016 г. Для очистки экстрактов применялись хлористый натрий и карбонат кальция.

Пробоподготовка проводилась следующим образом: к образцам измельченного растительного сырья массой 5,0 г, помещенным в центрифужные пробирки на 50 см<sup>3</sup>, добавляли деионизированную воду в таком количестве, чтобы общее содержание влаги в пробе и добавленной воды соответствовало 10 г. Далее добавляли 25,0 см<sup>3</sup> ацетонитрила, интенсивно встряхивали пробирки 4 минуты. Затем добавляли 10,0 г хлорида натрия и 0,5 г карбоната калия и содержимое пробирок встряхивали 2 минуты. Пробирки центрифугировали при 3000 об/мин в течение 3 мин. Отбирали 20,0 см<sup>3</sup> ацетонитрильного слоя и упаривали примерно до 0,3 см<sup>3</sup> на роторном вакуумном испарителе при температуре 40 °С, затем выдували досуха в токе воздуха. Сухой остаток растворяли в 1,0 см<sup>3</sup> ацетона. Далее проводили очистку в центрифужных пробирках Dispersive SPE 2 ml, Fatty Samples, содержащих небольшое количество сорбента для твердофазной экстракции и безводный сульфат магния. Сорбент удаляет мешающие матричные вещества из образца (полярные органические кислоты, некоторые сахара, дополнительные липиды и стеринны), а сульфат магния помогает удалить избыток воды.

Экстракт вносили в центрифужные пробирки, интенсивно перемешивали содержимое и центрифугировали при 3000 об/мин в течение 3 мин. Ацетоновый слой переносили в виалы и анализировали на газовом хроматографе «Кристалл 5000.2» с детектором электронного захвата и капиллярной колонкой для газового хроматографа RESTEK Rtx-5 30 m × 0,32 mmID × 0,5 μm при разработанных условиях хроматографирования. Начальная температура термостата колонки составляла 150 °С, затем осуществлялся подъем температуры со скоростью 50 °С/мин до 290 °С в течение 4,5 мин



и подъем температуры со скоростью 30 °С/мин до 310 °С в течение 0,5 мин. Температура детектора — 300 °С, испарителя — 280 °С, скорость газа-носителя — 30,0 см<sup>3</sup>/мин, объем вводимой пробы — 1 мкл. Ориентировочное время удерживания хлорпирифоса — 4,3 мин.

Подобранные условия проведения испытаний позволяют существенно сократить время анализа — почти в 2 раза.

Разработанная методика имеет следующие характеристики. Диапазон определяемых концентраций — 0,01–1,0 мг/кг, степень извлечения — 91,8%, относительное стандартное отклонение — 6,1%, граница относительной погрешности — 11,9%.

Таким образом, нами предложена методика определения хлорпирифоса в растительном сырье, которая проста в исполнении, является экспресс-методом и позволяет анализировать хлорпирифос на уровне регламентируемых величин.

Поступила 29.08.2023

## ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ДЖУМАЛИНСКИХ КЛЮЧЕЙ В КОШ-АГАЧСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

<sup>1</sup>Щучинов Л. В., к. м. н, [leo2106@mail.ru](mailto:leo2106@mail.ru),

<sup>2</sup>Кац В. Е., [kazwaly@yandex.ru](mailto:kazwaly@yandex.ru),

<sup>3</sup>Зяблицкая А. Н., [anastasiyaz-84@mail.ru](mailto:anastasiyaz-84@mail.ru)

<sup>1</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Новосибирск, Россия;

<sup>2</sup>Акционерное общество «Геологическое предприятие „Алтай-Гео“ (АО «Алтай-Гео»), Республика Алтай, г. Горно-Алтайск, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Алтай», г. Горно-Алтайск, Россия

Республика Алтай имеет большой потенциал для развития лечебно-оздоровительного туризма, обладая уникальным климатом и многочисленными водоисточниками с разнообразным химическим составом. Описаны и исследованы 2000 родников, 12 из них относятся к особо охраняемым природным территориям. В число последних входят геотермальные источники в Кош-Агачском районе — Джумалинские ключи, расположенные южнее с. Кош-Агач, около государственных границ России с Монголией и Китаем (49°45'80" с. ш., 88.05'30" в. д.) в труднодоступной высокогорной местности (2400 м над уровнем моря). Это территория с суровым резко континентальным климатом: зимой температура может опускаться до –52 °С, а летом подниматься до +31 °С, средняя температура января составляет –35 °С, июля — +13 °С. При этом в зимнее время геотермальные Джумалинские ключи не замерзают даже при самой низкой температуре.

Источники представляют собой рассредоточенные выходы вод из гранитоидов Калгутинского комплекса, в рудах и породах которого установлен весьма обширный комплекс металлов — вольфрам, молибден, медь, висмут, оксид бериллия, литий, а также токсичных элементов (свинец, цинк, марганец, мышьяк, железо, ртуть, уран, торий). Учитывая данный факт, с 2003 по 2019 г. был организован санитарно-гигиенический и экологический мониторинг геотермальных источников двумя организациями — АО «Алтай-Гео» и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Алтай». Специалистами этих организаций проводилось регулярное исследование состояния вод (температура, дебит, органолептические свойства, химический и радиологический состав). Всего было отобрано 30 проб воды, при этом каждая проба исследовалась на 48 показателей. Установлено, что воды Джумалинских ключей термальные (с температурой 17–22 °С), пресные (минерализация 0,18–0,31 г/дм<sup>3</sup>), слабощелочные (рН 7,04–9,24 мг/дм<sup>3</sup>), очень мягкие (жесткость 0,25–0,75 мг/дм<sup>3</sup>), хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные (гидрокарбонатно-сульфатные) натриевые, обогащенные литием (0,015–1,05 мг/дм<sup>3</sup>), фтором (0,1–9,65 мг/дм<sup>3</sup>), радоном (7,4–107 Бк/дм<sup>3</sup>). В них обнаружены эссенциальные микроэлементы: железо, марганец, цинк, медь, барий, хром, бор, селен, сурьма (в пределах предельно допустимых концентраций (далее — ПДК), установленных СанПиН 2.1.3685-21). Однако ввиду высоких концентраций фтора, лития, радона, которые значительно выше ПДК для хозяйственно-питьевых вод, рекомендовать воду геотермальных источников для внутреннего

употребления или вдыхать газы (как иногда практикует местное население) нельзя. Безопасным и оправданным будет наружное применение вод Джумалинских родников — для бальнеологического лечения, так как по составу они близки к радоновым водам Белокурихинского типа. Особый интерес в гидротерапевтическом аспекте представляет высокое содержание в воде лития (до 30 раз выше ПДК), который поднимает настроение и жизненный тонус, в то время как в разных странах мира рекомендуемые концентрации лития в минеральных водах составляют от 5 до 10 мг/дм<sup>3</sup>. Литиевые курорты-купальни с «водой счастья», которая лечит депрессии и неврозы, — большая редкость.

При современном обустройстве Джумалинских ключей и автомобильной дороги к ним геотермальные родники, обладающие уникальными лечебными свойствами, связанные с присутствием радона, фтора, лития и других эссенциальных микроэлементов, могут стать замечательным бальнеологическим курортом, усиливающим привлекательность Республики Алтай для гостей и создающим возможность для укрепления здоровья местных жителей.

Поступила 12.09.2023

## Раздел 8

# ПРАКТИКА ГИГИЕНЫ И ТОКСИКОЛОГИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ. СТАТЬИ

---

### ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ДОНОЗОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА КАК ЭЛЕМЕНТ ДИНАМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ УРОВНЯ И СТРУКТУРЫ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

*Бортновский В. Н., к. м. н., доцент, ogert@mail.ru*

Учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет»,  
г. Гомель, Республика Беларусь

Одним из важных направлений профилактической медицины является организация массовых профилактических осмотров населения с целью раннего выявления начальных форм заболеваний. В настоящее время дальнейшее развитие этого важного направления основывается на учении о донозологических состояниях. Концепция гигиенической донозологической диагностики, под которой подразумевается система мышления и действий, направленная на изучение адаптационных резервов и установление донозологических состояний организма человека в связи с воздействием факторов окружающей среды, получила признание и активно используется в различных областях медицины и физиологии [1, 2]. Однако ее внедрение в практику идет медленно, что обусловлено недостаточной информированностью медицинской общественности.

Вместе с тем гигиеническая донозологическая диагностика приобретает сегодня особое место, поскольку позволяет дифференцировать людей по риску развития заболеваний и давать каждому оптимальные решения относительно нуждаемости в более сложных обследованиях. На индивидуальном уровне донозологическая диагностика осуществляется по отношению к человеку, который является здоровым, т. е. не имеющему симптомокомплекса какой-либо формы заболевания. В отличие от клинической диагностики, направленной на выявление прежде всего структурных и функциональных нарушений в организме человека, донозологическая модель диагностики здоровья ставит своей задачей определение стадии адаптационного процесса на пути от здоровья к болезни. Именно в этот период имеются наиболее благоприятные условия для принятия медико-профилактических мер, способных дать максимальный положительный эффект, направленный на увеличение продолжительности жизни людей.

Одним из важных достоинств методологии донозологической диагностики явилась разработка метода оценки коллективного здоровья — формирование структур здоровья. При этом получаемые в ходе массовых донозологических обследований индивидуальные данные группируются в виде четырех подгрупп с разными уровнями адаптационных возможностей организма. При оценке структуры здоровья выделяются четыре группы лиц: 1) с удовлетворительной адаптацией (лица в состоянии физиологической нормы), 2) с функциональным напряжением (лица с донозологическими состояниями), 3) с неудовлетворительной адаптацией (лица с преморбидными состояниями), 4) со срывом адаптации [3]. Сравнивая структуры здоровья на разных предприятиях или в различных организованных коллективах, можно судить о влиянии на уровень здоровья производственных условий и других факторов окружающей среды.

Диагностика донозологических состояний осуществляется с использованием различных методологических подходов. Предлагаемый нами способ оценки донозологических состояний предусматривает возможность их дифференциации по степени напряжения защитно-приспособительных возможностей организма. Он основывается на комплексной характеристике количественно-качественных связей в системе функционально сопряженных физиологических процессов. В качестве критериев напряжения защитно-приспособительных возможностей организма используются показатели резистентности, выраженность которых позволяет прогнозировать функциональные состояния.

Исходя из общебиологических представлений о переходе от физиологической нормы к состоянию предболезни и болезни, сохраняющихся признаках напряжения защитно-приспособительных возможностей, можно говорить о развитии состояния, пограничного с нормой, а при уменьшении

этих признаков — о недостаточности адаптационных механизмов либо об истощении защитно-приспособительных возможностей, т.е. предпатологии. В разработанном нами способе определения состояния адаптационного процесса состояние, пограничное с нормой, определяется по повышению поглотительной функции лейкоцитов по сравнению с нормативными (исходными) показателями на 20 % и более, дезадаптации — по снижению поглотительной функции лейкоцитов на 41 % и более, предпатологии — по снижению поглотительной функции лейкоцитов и внутриклеточного переваривания микроорганизмов на 50 % и более [4].

Результатом ранее проведенных нами исследований оказался вывод о том, что большая часть обследованных практически здоровых лиц, работающих в экологически неблагоприятных условиях, находилась в донозологических и преморбидных состояниях при оценке функционального состояния организма. Исследования проводили с участием 146 здоровых лиц в возрасте от 18 до 35 лет, деятельность которых на протяжении 2,5 месяца проходила в герметизированных помещениях и характеризовалась высокой напряженностью операторского труда, гипокинезией, нормальным газовым составом воздуха и дискомфортными параметрами микроклимата. Состояние физиологической нормы до работы в условиях хронофизиологического напряжения регистрировалось у 75 % обследованных, пограничное с нормой — у 19 %, дезадаптации — у 3 % и предпатологии — у 3 % лиц. Через 2,5 месяца число обследуемых с состоянием физиологической нормы составляло 33 %, а с состоянием дезадаптации и предпатологии — 52 % [5].

Комплексное обследование с состоянием предпатологии выявило у них следующие факторы риска: гиподинамию (100 %), высокое психоэмоциональное напряжение (50 %), курение (47 %), пограничную артериальную гипертензию (31 %), гиперхолестеринемия (28 %), избыточную массу тела (24 %). При сочетании трех и более факторов риска отмечается неадекватный гемодинамический ответ на дозированную физическую нагрузку, увеличение частоты патологических изменений на электрокардиограмме.

Проведенный донозологический мониторинг уровня здоровья у 136 практически здоровых студентов ГУ «Гомельский государственный медицинский университет» в возрасте от 19 до 24 лет, включающий определение лейкограммы, поглотительной и переваривающей функций полиморфноядерных лейкоцитов, позволил установить пороговые значения интегральных показателей резистентности и отнести их к тому или иному донозологическому состоянию.

Исследование структуры здоровья студентов показало, что в состоянии удовлетворительной адаптации находились 20 % обследованных. Лицам этой группы для сохранения высокого уровня здоровья и работоспособности необходимо поддерживать здоровый образ жизни, систематически заниматься физической культурой и спортом.

У 26 % обследованных выявлено напряжение механизмов адаптации. Им рекомендовано соблюдение рационального труда и отдыха, питания, регулярное выполнение утренней гигиенической гимнастики. Главная цель оздоровительных мероприятий — уменьшить «цену адаптации» к условиям окружающей среды или ликвидировать состояние напряжения механизмов регуляции.

31 % обследованных находились в состоянии неудовлетворительной адаптации. Преимущественно они нуждаются в тех же профилактических мероприятиях. При этом большое внимание следует уделять преодолению вредных привычек. Важное место должны занимать мероприятия по регулированию массы тела, а также методы психорегуляции и фармакосанации. Опыт применения профилактической витаминизации и специальных физкультурно-оздоровительных комплексов показал их высокую эффективность.

Лица с неудовлетворительной адаптацией нуждаются в регулярных плановых осмотрах. Представляется обоснованным и целесообразным выделение их в самостоятельную диспансерную группу. Первичная профилактика заболеваемости в этом случае будет заключаться в устранении факторов риска и выполнении всех мероприятий, рекомендованных врачом.

У 23 % обследованных без клинических проявлений патологии регистрировалось состояние срыва адаптации. В этой группе лиц наиболее часто выявлялись такие факторы риска, как гиподинамия (66 %), курение (32 % обследованных курили более 10 сигарет в день), избыточная масса тела (21 %), пограничная артериальная гипертензия (17 %), высокое психоэмоциональное напряжение более чем у 80 %. Такие лица подлежат углубленному обследованию в условиях поликлиники или стационара с последующим определением диспансерной группы и проведением активного наблюдения.

Предложенное разделение проводимых мероприятий по группам условно. Вместе с тем следует признать, что структура здоровья — это тонкий индикатор, отражающий экологическую ситуацию, сложившуюся в определенных условиях окружающей среды среди определенной популяции людей.

Знание структуры здоровья открывает принципиально новый путь к снижению заболеваемости за счет повышения уровня здоровья путем целенаправленного использования лечебно-оздоровительных мероприятий. Для решения вопроса «В какой степени исходные состояния организма (степень адаптации) влияют на уровень заболеваемости?» проанализированы показатели заболеваемости у студентов через год после проведения донозологического обследования. Установлено, что заболеваемость при ухудшении адаптивных свойств неуклонно возрастает. Так, уровень общей заболеваемости (в случаях на 100 обследованных) у лиц с удовлетворительной адаптацией составил 9,4 %, у лиц со срывом адаптации — 32,1 %, уровень заболеваемости острыми респираторными заболеваниями (в случаях на 100 обследованных) — соответственно 8,1 % и 21,4 %. Индекс здоровья при ухудшении адаптивных свойств равномерно снижался. В группе лиц с удовлетворительной адаптацией он составил 90,0 %, в группе со срывом — 67,8 %.

Анализ показателей заболеваемости позволил сделать предположение, что практически здоровые лица, обладающие различными адаптивными свойствами, имеют различную вероятность заболевания, т. е. как бы находятся на разном отдалении от вероятного срыва и развития болезни.

Резюмируя изложенное, можно сделать вывод о том, что гигиеническая донозологическая диагностика должна развиваться в системе диспансеризации населения на стыке профилактической и лечебной медицины в интересах повышения действенности профилактики за счет более раннего выявления признаков неблагоприятного влияния тех или иных факторов и их комплексов на здоровье.

Необходимая для целей гигиенической донозологической диагностики высокая чувствительность и информативность методик обеспечивается всесторонним обследованием, для чего все шире должны использоваться интегральные показатели неспецифической резистентности организма.

Эффективность гигиенической донозологической диагностики должна определяться по степени достижения ее цели, т. е. по конечному результату, достигаемому через гигиеническую диагностику и прогнозирование ситуации, разработку комплексов профилактических мер и их реализацию. Иными словами, эффективность гигиенической донозологической диагностики как одной из подсистем первичной профилактики следует оценивать по динамике уровня здоровья, который зависит не только от действенности каждой из подсистем профилактики (в том числе немедицинской), но и от совершенства их взаимосвязей.

## Литература

1. Развитие систем массовой донозологической диагностики на основе использования космических технологий / Р. М. Баевский [и др.] // Донозоология. — 2008. — № 1 (2). — С. 12–21.
2. Бортновский, В. Н. Гигиеническая донозологическая диагностика как основа медико-профилактического обеспечения населения / В. Н. Бортновский // Актуальные проблемы медицины : сб. науч. ст. Респ. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Гомель, 10 нояб. 2022 г. : в 3 т. / Гомел. гос. мед. ун-т ; редкол. : И. О. Стома [и др.]. — Гомель : ГомГМУ, 2022. — Т. 1. — С. 152–155.
3. Баевский, Р. М. Введение в донозологическую диагностику / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. — М. : Слово, 2008. — 176 с.
4. Способ определения состояния адаптационного процесса : а. с. 1377735 СССР / В. С. Новиков, В. Н. Бортновский. — Опубл. 29.02.88.
5. Бортновский, В. Н. Принципы оценки и прогнозирования донозологических состояний у людей, работающих в экологически неблагоприятных условиях / В. Н. Бортновский // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / гл. ред. С. М. Соколов. — Минск, 2006. — Вып. 7. — С. 535–540.

Поступила 06.09.2023

# АПРОБАЦИЯ МЕТОДА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ПОПУЛЯЦИОННОГО НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Гриценко Т.Д., к.б.н., [risk.factors@rspch.by](mailto:risk.factors@rspch.by),  
Соколов С.М., д.м.н., профессор, [risk.factors@rspch.by](mailto:risk.factors@rspch.by),  
Пшегрода А.Е., [risk.factors@rspch.by](mailto:risk.factors@rspch.by),  
Соловьев В.В., [risk.factors@rspch.by](mailto:risk.factors@rspch.by),  
Карпук Л.И., [risk.factors@rspch.by](mailto:risk.factors@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Неканцерогенные вещества как загрязнители атмосферного воздуха весьма распространены и могут оказывать влияние на состояние здоровья человека. Оценка риска неблагоприятного воздействия этих веществ на здоровье населения является важной научно-методической задачей. Решения по управлению качеством атмосферного воздуха невозможны без учета риска неблагоприятных эффектов, возникающих под воздействием неканцерогенных веществ, для которых характерна пороговость действия.

В ходе выполнения задания 01.06. подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг» обоснован метод количественной оценки популяционного неканцерогенного риска здоровью населения при различной степени загрязнения атмосферного воздуха. Метод позволяет провести гигиеническую оценку загрязнения атмосферного воздуха населенных мест, оценить и выполнить градацию популяционного здоровья и уровней риска в зависимости от степени загрязнения атмосферного воздуха, что дает возможность оценить здоровье не по распространенности патологий, а по риску их возникновения. При оценке неканцерогенного риска закладывается принцип пороговости действия, согласно которому негативные эффекты или ответы со стороны здоровья проявляются, начиная с реперного уровня.

Разработанный алгоритм формализован в Инструкции по применению № 030-1221 «Метод количественной оценки популяционного неканцерогенного риска здоровью населения при различной степени загрязнения атмосферного воздуха» (далее — Инструкция по применению), утвержденной заместителем Министра здравоохранения — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 11.05.2022 [1].

На первом этапе апробации метода дана гигиеническая оценка степени опасности загрязнения атмосферного воздуха на основе комплексных интегральных показателей.

При формировании базы комплексных показателей (индексов) оценки качества атмосферного воздуха использованы следующие критерии:

- индекс должен быть простым в интерпретации и понятным для общественности;
- индекс должен включать основные загрязняющие вещества и учитывать их синергизм;
- индекс должен быть универсальным с возможностью включения новых загрязняющих веществ;
- индекс должен быть взаимосвязан с национальными стандартами качества атмосферного воздуха;
- индекс должен избегать так называемого «затмения» (данное явление наблюдается, когда индекс не указывает на плохое качество воздуха, несмотря на то что концентрации одного или нескольких загрязнителей превысили допустимые значения);
- индекс должен быть однозначно трактуемым (двусмысленность возникает, когда индекс оценивается как «высокий», несмотря на то что концентрации всех загрязняющих веществ не превышают допустимых значений);
- индекс основывается на достоверных данных о качестве воздуха, полученных со станций мониторинга, расположение которых обеспечивает равномерный и полный охват территории.

На этапе анализа степени загрязнения атмосферного воздуха территорий населенных пунктов проведен выбор репрезентативных территориально-промышленных комплексов для проведения исследований. Для дальнейшего исследования отобраны территории с наибольшими уровнями загрязнения атмосферного воздуха и высокими значениями комплексных показателей оценки

качества атмосферного воздуха. Анализ проведен для территорий, на которых установлены статистически значимые различия в уровнях фоновых концентраций. Для проведения сравнительного анализа загрязнения атмосферного воздуха территории Республики Беларусь по фоновым концентрациям загрязняющих веществ в атмосферном воздухе использована информация, содержащаяся в Справке о значении фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и метеорологических характеристиках и коэффициентах, определяющих условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе расположения природопользователя (согласно приложению к Инструкции о порядке инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух).

В сравнительный анализ фоновых концентраций были включены следующие вещества: твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль); твердые частицы, фракции размером до 10 мкм; диоксид серы; оксид углерода; диоксид азота; фенол; аммиак; формальдегид; свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец); кадмий и его соединения (в пересчете на кадмий); сероводород; бензол.

Сформированная база значений фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе включила в себя данные по 450 территориальным единицам, равномерно распределенным по территории Республики Беларусь. Территориальная единица включала в себя объект промышленности (крупный источник загрязнения атмосферного воздуха) и прилегающую территорию (представленную жилой застройкой), объединенные в территориально-промышленную единицу. Распределение территориально-промышленных единиц по областям было следующее: Брестская область — 34; Витебская область — 39; Гомельская область — 43; Гродненская область — 39; Минская область — 222 (включая г. Минск); Могилевская область — 73.

В атмосферном воздухе территориально-промышленных единиц средние значения концентраций загрязняющих веществ следующие: твердые частицы —  $79,26 \pm 25,05$  мкг/м<sup>3</sup>, твердые частицы, фракции размером до 10 мкм —  $40,90 \pm 10,01$  мкг/м<sup>3</sup>, диоксид серы —  $34,12 \pm 9,10$  мкг/м<sup>3</sup>, оксид углерода —  $821,17 \pm 259,59$  мкг/м<sup>3</sup>, диоксид азота —  $45,27 \pm 20,64$  мкг/м<sup>3</sup>, фенол —  $2,95 \pm 0,75$  мкг/м<sup>3</sup>, аммиак —  $52,38 \pm 7,82$  мкг/м<sup>3</sup>, формальдегид —  $17,89 \pm 1,59$  мкг/м<sup>3</sup>, свинец и его неорганические соединения —  $0,05 \pm 0,04$  мкг/м<sup>3</sup>, кадмий и его соединения —  $0,01 \pm 0,003$  мкг/м<sup>3</sup>, сероводород —  $2,92 \pm 0,17$  мкг/м<sup>3</sup>, бензол —  $4,38 \pm 2,49$  мкг/м<sup>3</sup>.

Статистически значимыми контрастными территориями, согласно результатам анализа являются территории г. Минска (Минской области). В ходе анализа результатов расчетов комплексных показателей качества атмосферного воздуха выбрано 5 репрезентативных территориально-промышленных единиц, статистически значимо (при  $p < 0,05$ ) отличающихся по степени загрязнения атмосферного воздуха. Сформирована база комплексных показателей оценки качества атмосферного воздуха, содержащая основные применяемые на сегодняшний день, комплексные показатели, позволяющие проводить оценку качества атмосферного воздуха.

В ходе сравнительного анализа значений фактических и расчетных концентраций (полученных по результатам моделирования рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе) и проведения гигиенической оценки степени опасности загрязнения атмосферного воздуха установлены статистически значимые отличия по уровням фоновых концентраций в районах г. Минска и фактическим (расчетным) концентрациям в зависимости от вида экономической деятельности и качественно-количественного состава выбросов. Сформирована база фактических и расчетных значений концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Заболееваемость населения, в том числе со впервые установленным диагнозом, в последние годы остается приблизительно на одном уровне — 85,8–85,5 тыс. случаев на 100 тыс. населения. По состоянию на 2018 г. основной удельный вес, формирующий первичную заболеваемость всего населения Республики Беларусь, составили болезни органов дыхания (52%), травмы и отравления (8,5%), болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (5,1%), болезни кожи и подкожной клетчатки (5,0%), болезни мочеполовой системы (4,1%), болезни системы кровообращения (3,8%). Ранжирование территорий по вкладу различных патологий в состояние здоровья населения со впервые установленным диагнозом показывает, что по лидирующим нозологиям среди болезней органов дыхания находится Гродненская область, по травмам и отравлениям — Гомельская область, по болезням нервной системы и органов чувств — г. Минск. В структуре общей заболеваемости населения первое ранговое место занимают болезни органов дыхания (29,88%). Меньший, но не менее значимый удельный вес составляют болезни нервной системы и органов чувств (9,25%), болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (6,68%).

Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха в городах вносит автомобильный транспорт (мобильные источники), на долю выбросов которого приходится более 50%. Кроме того, ста-

ционными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются промышленные предприятия, наибольшее количество выбросов которых приходится на Минскую область, наименьшее — на Могилевскую и Гродненскую области. Для населенных пунктов основным сопутствующим фактором ухудшения качества атмосферного воздуха являются метеорологические условия, способствующие накоплению содержания загрязняющих веществ в приземном слое воздуха (отсутствие осадков в течение длительного периода времени, слабый ветер, штиль, повышенный температурный режим в дневное время суток, не характерный для времени года).

В результате расчета, оценки и анализа показателей риска здоровью населения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль,  $PM_{10}$ , диоксид серы, оксид углерода (окись углерода, угарный газ), оксид азота (IV) (диоксид азота), фенол, аммиак, формальдегид, свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец), кадмий и его соединения (в пересчете на кадмий), сероводород, бензол) при остром и хроническом воздействии установлено, что по всем исследованным областям Республики Беларусь значения риска здоровью находятся на уровне «приемлемый» (до 0,05 долей единицы), при котором практически исключается рост заболеваемости населения, связанный с воздействием оцениваемого фактора, а состояние дискомфорта может проявляться лишь в единичных случаях у особо чувствительных групп населения.

Проведен расчет и дана оценка уровням риска здоровью при ингаляционном пути поступления твердых частиц (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль), диоксида серы, оксида углерода, аммиака, формальдегида, фенола, сероводорода, бензола, свинца и его неорганических соединений, кадмия и его соединений. Критериями отбора веществ явились: выбросы каждого вещества в атмосферный воздух, ориентировочное значение численности популяции под воздействием, значения предельно допустимых концентраций, метеорологические коэффициенты, определяющие условия рассеивания. Анализ проведен как по отдельным загрязняющим веществам, так и по загрязняющим веществам, обладающим эффектом суммации и формирующим группы суммации. Проведен расчет величины поступления химических веществ в организм человека, потенциального риска рефлекторного действия, потенциального риска хронического воздействия, коэффициента опасности и индекса опасности, величины потенциального риска специфического действия. Полученные значения были оценены с учетом превышения критериев риска на 5, 16 и 50% для потенциального риска как острого, так и хронического воздействия («приемлемый», «удовлетворительный» и «неудовлетворительный» риск) и индивидуального канцерогенного по критериям: до  $1 \times 10^{-6}$ ,  $1 \times 10^{-5} < CR < 1 \times 10^{-4}$ ,  $1 \times 10^{-4} \leq CR < 1 \times 10^{-3}$  с учетом классификации Международного агентства по изучению рака и Агентства по охране окружающей среды Соединенных Штатов Америки.

Установлено, что значения уровней потенциального риска немедленного (рефлекторного) действия (в том числе с учетом комбинированного воздействия) оцениваются как «удовлетворительные» в 4,6% случаев, потенциального риска длительного (хронического) воздействия — менее чем в 2% случаев, а индивидуального канцерогенного риска — менее чем в 1% случаев. Статистически значимых различий между анализируемыми показателями риска не установлено (при  $p > 0,05$ ), что говорит о равномерном распределении загрязнения атмосферного воздуха и адекватности и применимости расчетных значений концентраций загрязняющих веществ с целью объективной гигиенической оценки загрязнения атмосферного воздуха территорий. В ходе выполнения исследований проведен расчет и дана оценка степени загрязнения атмосферного воздуха комплексом загрязняющих веществ на различных объектах промышленности [2–4].

С целью проведения эпидемиологического анализа показателей заболеваемости населения Республики Беларусь при различных уровнях загрязнения атмосферного воздуха предложена система оценки степени загрязнения атмосферного воздуха комплексным показателем «Р» по максимальным разовым, среднесуточным (среднегодовым) концентрациям, а также изолированно по одному загрязняющему веществу, присутствующему в атмосферном воздухе. Градация степени загрязнения атмосферного воздуха включает опасную, сильную, умеренную, слабую и допустимую степени. Уровень риска при этом варьируется от 1 : 1000 ( $1 \times 10^{-3}$ , E-03) — риск оценивается как «недопустимый» до 1 : 10 000 000 ( $1 \times 10^{-7}$ , E-07) — «приемлемый» уровень риска. Градация популяционного здоровья — от срыва адаптации (превышение фонового уровня заболеваемости в несколько раз), перенапряжения адаптации (достоверное превышение фонового и высшей границы фонового уровня заболеваемости), напряжения адаптации (достоверное превышение фонового уровня заболеваемости), компенсации/резистентности (фоновый уровень заболеваемости) и адаптации (фоновый уровень заболеваемости). Анализ результатов подтвердил возможность оценки здоровья населения не по показателям заболеваемости, а по риску их возникновения. В таком случае диапазон суммарного показателя «Р», указывающего на степень опасности загрязнения атмосферного воздуха для здоровья населения, может использоваться в качестве критериев степени риска неблагоприятных эффек-



тов. Следует отметить, что при действии малых доз токсикантов первоначальная реакция организма проявляется в стимуляции защитных механизмов, что не сказывается на общем уровне заболеваемости. В дальнейшем, при продолжительном действии, заболеваемость может вырасти скачкообразно, при включении механизмов адаптации и резистентности в популяции вновь может выйти на плато, а затем опять — очередной «всплеск» заболеваемости.

Инструкция по применению № 030-1221 внедрена в учебный процесс и в практику здравоохранения, что позволило повысить теоретическую и практическую грамотность обучающихся, получать более точную и достоверную информацию о степени загрязнения атмосферного воздуха по значениям комплексных показателей и величине популяционного здоровья и значительно сокращать время проведения расчетов.

## Литература

1. Метод количественной оценки популяционного неканцерогенного риска здоровью населения при различной степени загрязнения атмосферного воздуха : инструкция по применению, рег. № 030-1221 / разработ.: С.И. Сычик [и др.]. — Минск : [б. и.], 2022. — 13 с.

2. Гигиенические аспекты здоровья населения, ассоциированные с качеством атмосферного воздуха населенных мест [Электронный ресурс] / Т.Д. Гриценко [и др.] // Актуальные вопросы гигиены : сб. науч. тр. VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Санкт-Петербург, 27 февр. 2021 г. / Сев.-Зап. гос. мед. ун-т М-ва здравоохранения Рос. Федерации ; под ред. Л.А. Аликбаевой. — СПб., 2021. — Режим доступа: <https://szgmu.ru/upload/files/2021/%D0%BA%D0%B0%D1%84%D0%B5%D0%B4%D1%80%D1%8B/%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%BD%D0%B0%D1%83%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%BE%D0%B2.pdf>. — Дата доступа: 20.09.2023.

3. Анализ заболеваемости населения, ассоциированной с многокомпонентным загрязнением атмосферного воздуха населенных мест / Т.Д. Гриценко [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: С.И. Сычик (гл. ред.), Г.Е. Косяченко (зам. гл. ред.) [и др.]. — Минск, 2022. — Вып. 32. — С. 16–21.

4. Пшегорода, А.Е. Количественная оценка популяционного неканцерогенного риска здоровью населения при различной степени загрязнения атмосферного воздуха / А.Е. Пшегорода, И.А. Провсвирякова, Т.Д. Гриценко // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / редкол.: С.И. Сычик (гл. ред.), Г.Е. Косяченко (зам. гл. ред.) [и др.]. — Минск, 2022. — Вып. 32. — С. 45–48.

Поступила 21.11.2023

## РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ В ПРАКТИКУ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ ПО ЗАВЕРШАЕМЫМ В 2023 ГОДУ ЗАДАНИЯМ ПОДПРОГРАММЫ «БЕЗОПАСНОСТЬ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА»

Ивко Н.А., к.б.н., [ontp@rspch.by](mailto:ontp@rspch.by),  
Буневич Н.В., к.х.н., [rspch.@rspch.by](mailto:rspch.@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Результаты внедрения разработанной научно-технической продукции в практическое здравоохранение и учебный процесс являются важным критерием практической значимости разработок, показывающим реальную пользу от применения результатов научно-технической деятельности, их прикладную ценность.

Согласно Указу № 59 [1], результаты научной и научно-технической деятельности, созданные полностью или частично за счет государственных средств, подлежат обязательной коммерциализации в установленные законодательством сроки (не менее 2 лет).

В статье представлены результаты внедрения научно-технической продукции, разработанной по заданиям подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 годы (далее — подпрограмма), завершившихся в части научно-исследовательских работ в 2021 г., срок освоения которых истекает в 2023 г.

С целью доведения до практического применения научно-технической продукции (далее — НТП), разработанной по результатам завершенных в 2021 г. научно-исследовательских работ по 22 заданиям подпрограммы [2, 3], с организациями Министерства здравоохранения Республики Беларусь (далее — МЗ РБ), осуществляющими государственный санитарный надзор, и некоторыми учреждениями образования были заключены договоры о предоставлении права использования результатов научной и научно-технической деятельности (далее — Договор). Договоры подготовлены в соответствии с примерной формой договора, утвержденной постановлением ГКНТ РБ от 03.09.2018 № 25 [4], с учетом Сводного плана внедрения в практику конечной научно-технической продукции (далее — КНТП) и в соответствии с условиями и способами обязательной коммерциализации, которые были определены в договоре на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, финансируемых полностью или частично за счет государственных средств, подпрограммы с Государственным заказчиком (МЗ РБ) согласно Указу № 59 [1]. Договоры были направлены в организации-потребители с учтенными копиями КНТП (инструкции по применению, аттестованные методики измерений), что позволило обеспечить адресность получения НТП для последующего их внедрения в практическую деятельность организации. Освоение результатов КНТП подтверждалось актами приема-передачи результатов научных исследований заданий и актами о внедрении конечной НТП установленной формы, утвержденной Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь в 2012 г. и предусматривающей указание наименования КНТП и организации-разработчика, область ее применения и внедрения, результаты и эффективность внедрения разработки.

По указанным выше 22 заданиям подпрограммы были освоены 34 разработки, в том числе 24 инструкции по применению, 10 аттестованных методик измерения. Получено 212 актов о внедрении, в том числе 180 актов о внедрении — от практического здравоохранения, 32 — от учреждений образования.

Проведен анализ полученных актов о внедрении на каждую разработку индивидуально и выбрана наиболее востребованная научно-техническая продукция по количеству полученных на нее актов о внедрении и наиболее значимым результатам внедрения разработок, указанным в актах.

Информация о внедренной научно-технической продукции, разработанной по результатам завершенных в 2021 г. научно-исследовательских работ по 22 заданиям подпрограммы, представлена в таблице.

Таблица 1 — Информация о внедренной научно-технической продукции, разработанной по результатам завершенных в 2021 г. научно-исследовательских работ по 22 заданиям подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 годы

№ п/п	Шифр задания подпрограммы	Наименование научно-технической продукции	Количество актов о внедрении от санслужбы и учреждений образования	Наименование области исследований, в рамках которой разработана НТП	
1	01.01.	Инструкция по применению № 019-1221	10	Гигиена среды обитания и оценка рисков здоровью	вода питьевая
2	01.03.	<b>Инструкция по применению № 020-1221</b>	<b>10</b>		
3	01.01.	Инструкция по применению № 021-1221	10		
4	01.03.	Инструкция по применению № 031-1221	10		
5	04.03.	Инструкция по применению № 002-1220	8		атмосферный воздух
6	04.03.	Инструкция по применению № 014-1121	8		
7	01.06.	Инструкция по применению № 030-1221	8		физические факторы
8	01.08.	Инструкция по применению № 006-1121	8		
9	03.02.	Инструкция по применению № 012-1121	8		
10	01.08.	АМИ.МН 0008-2021	8		
11	03.05.	<b>АМИ.МН 0014-2021</b>	<b>10</b>		
12	03.02.	АМИ.МН 0044-2022	8		воздух рабочей зоны
13	03.01.	АМИ.МН 0051-2022	7		

№ п/п	Шифр задания подпрограммы	Наименование научно-технической продукции	Количество актов о внедрении от санслужбы и учреждений образования	Наименование области исследований, в рамках которой разработана НТП
14	06.02.	Инструкция по применению № 017-1221	1	Гигиена питания
15	06.01.	Инструкция по применению № 032-1221	4	
16	06.02.	<b>Инструкция по применению № 033-1221</b>	<b>10</b>	
17	04.01.	МВИ.МН 6323-2020	2	
18	02.05.	МВИ.МН 6330-2020	7	
19	06.02.	МВИ.МН 6282-2020	2	
20	02.01.	<b>АМИ.МН 0022-2021</b>	<b>10</b>	Санитарная микробиология
21	02.01.	Инструкция по применению № 002-0521	9	
22	02.02.	АМИ.МН 0020-2021	7	Исследования вытяжек
23	03.06.	<b>Инструкция по применению № 003-1220</b>	<b>7</b>	Гигиена труда и профпатология
24	01.07.	Инструкция по применению № 028-1221	4	
25	03.03.	Инструкция по применению № 011-1121	5	
26	03.06.	Инструкция по применению № 007-1121	1	
27	01.09.	<b>Инструкция по применению № 029-1221</b>	<b>9</b>	Гигиена детей и подростков
28	01.10.	Инструкция по применению № 016-1121	5	
29	04.01.	Инструкция по применению № 004-0621	1	Профилактическая токсикология
30	03.04.	<b>Инструкция по применению № 008-1121</b>	<b>5</b>	
31	04.02.	Инструкция по применению № 013-1121	5	
32	04.01.	МВИ.МН 6324-2020	1	
33	05.01.	<b>Инструкция по применению № 009-1121</b>	<b>2</b>	Радиационная безопасность
34	05.01.	<b>Инструкция по применению № 010-1121</b>	<b>2</b>	
Примечания: 1) АМИ – аттестованная методика измерений; 2) МВИ – методика выполнения измерений; 3) полные тексты инструкций по применению представлены на сайте med.by (база данных «Современные методы оказания медицинской помощи»); 4) краткая информация обо всех разработках размещена на сайте rspch.by (раздел «Научная деятельность», «Разработанные ТНПА и НТД»).				

Одной из наиболее востребованных разработок в области гигиены среды обитания и оценки рисков здоровью по направлению «вода питьевая» явилась Инструкция по применению № 020-1221 «Метод количественной оценки риска здоровью, ассоциированного с микробиологическим фактором в питьевой воде» (утв. Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 11.05.2022). Разработка использовалась при проведении оценки безопасности воды централизованных систем водоснабжения, воды из поверхностных и подземных водоисточников, для количественной оценки риска здоровью на основании информации о присутствии в воде патогенных микроорганизмов. Это позволило повысить информативность лабораторных исследований и надежность оценок безопасности воды централизованных систем водоснабжения, ассоциированной с микробиологическими рисками. Применение разработки позволит принимать долгосрочные решения о выборе технологии водоподготовки, получить социально-экономический эффект за счет снижения риска развития потенциальных водно-ассоциированных заболеваний.

По направлению «физические факторы» активно использована в организациях-потребителях Методика измерений «Цветовые характеристики искусственной световой среды на рабочих местах в помещениях. Методика измерений» АМИ.МН 0014-2021 (утв. директором государственного предприятия «НПЦГ» 26.10.2021, свидетельство об аттестации № 014/2021 от 01.12.2021). В документе определены методические подходы измерения цветовых характеристик искусственной световой среды на рабочих местах в помещениях. Использование НТП позволило на практике проводить инструментальные измерения и определять спектральный состав световой среды на рабочих поверхностях в помещениях зданий и сооружений, создаваемый источниками искусственного (элек-

трического) освещения в рамках государственного санитарного надзора и лабораторного контроля за соблюдением качественных показателей освещения.

В рамках гигиены питания можно отметить Инструкцию по применению № 033-1221 «Методы оценки управления риском здоровью, ассоциированным с остаточными количествами антибиотиков в пищевой продукции» (утв. Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 11.05.2022). Разработка определяет основные этапы проведения оценки рисков здоровью, ассоциированных с остаточными количествами антибиотиков в пищевой продукции, с учетом особенностей их биологического действия — гигиенической оценки уровней контаминации пищевой продукции, оценки уровней потребления, устанавливает критерии оценки микробиологических рисков, в ней также приводится информация о допустимых суточных дозах и критических органах-мишенях воздействия остаточных количеств антибиотиков, поступающих с пищей. Внедрение указанной инструкции по применению позволило повысить безопасность пищевой продукции в части содержания остаточных количеств ветеринарных препаратов, что привело к совершенствованию государственного санитарного надзора в части управления риском здоровью, ассоциированным с остаточными количествами антибиотиков в пищевой продукции, к усилению лабораторного контроля за остаточными количествами антибиотиков в пищевой продукции, что будет способствовать повышению безопасности пищевой продукции и снижению риска развития патологических состояний, связанных с поступлением остаточных количеств антибиотиков с пищей.

В области санитарной микробиологии в органах санслужбы активно использована методика измерений АМИ.МН 0022-2021 «Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Количество микроорганизмов в воздухе помещений организаций здравоохранения. Методика измерений методом подсчета колоний» (утв. директором республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» 23.11.2021; свидетельство об аттестации методики измерений № 022/2021 от 09.12.2021). С помощью указанной методики проводились санитарно-микробиологические исследования в воздухе помещений организаций здравоохранения. Результаты измерений, полученные с помощью данной разработки, используются для контроля микробного статуса воздуха помещений разных классов чистоты организаций здравоохранения.

По направлению «гигиена труда и профпатология» можно отметить Инструкцию по применению № 003-1220 «Метод отбора образцов промышленной пыли для лабораторных исследований» (утв. Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 28.01.2021). Как было неоднократно отмечено в актах о внедрении, использование унифицированных вариантов метода отбора обеспечивает быстрый отбор образцов промышленной пыли на конкретных рабочих местах предприятий в достаточном количестве для лабораторных исследований, ее идентификацию в зависимости от источников пылеобразования и условий пылевыделения, возможность оценки потенциальной аллергоопасности, отражаемые в унифицированной форме акта отбора образцов.

В области гигиены детей и подростков востребована Инструкция по применению № 029-1221 «Метод гигиенической оценки соответствия ученической мебели уровню физического развития младших школьников в современных условиях» (утв. Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 11.05.2022). НТП устанавливает алгоритмы выполнения измерений показателя «высота подколенной ямки» и определения соответствующего размера мебели. Разработка использовалась для исследований объектов ученической мебели для начальных классов и для анализа раскладки младших школьников в учреждениях образования Минской, Могилевской, Витебской и Гродненской областей. Внедрение НТП приводит к улучшению качества контроля за соблюдением правил использования ученической мебели с учетом особенностей физического развития современных младших школьников; рациональной организации ученических рабочих мест с учетом индивидуальных роста-возрастных особенностей обучающихся младших классов с целью создания здоровьесберегающей школьной среды; профилактике заболеваний у детей; снижению риска развития нарушений осанки и зрения у детей школьного возраста. Внедрение разработки в учебный процесс (ГУО «БелМАПО», ГУ «БГМУ») способствовало повышению грамотности работников системы образования и специалистов, осуществляющих государственный санитарный надзор, в вопросах правильной организации рабочего места в условиях образовательного процесса и в повседневной жизни, в вопросах гигиенической оценки соответствия ученической мебели уровню физического развития школьников, а также в вопросах сохранения, укрепления здоровья учащихся и профилактики заболеваний опорно-двигательного аппарата и зрительного анализатора.

В рамках профилактической токсикологии активно используется Инструкция по применению № 008-1121 «Методика оценки степени выраженности гено- и цитотоксического действия веществ для обоснования коэффициента запаса при гигиеническом нормировании мутагенов в воздухе рабочей зоны» (утв. Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 28.01.2022).

Разработка определяет методические подходы для оценки мутагенных эффектов для гигиенического нормирования мутагенов в воздухе рабочей зоны и позволяет минимизировать риск воздействия химического фактора на здоровье работающих, выявить маркеры цитотоксических и цитогенетических нарушений, вызванных химическими веществами. Внедрение в практическое здравоохранение приводит к совершенствованию государственного санитарного надзора на предприятиях химической промышленности в части мониторинга качества воздушной среды, позволяющего предотвратить неблагоприятное действие химического фактора на здоровье работников; в учебные учреждения — к повышению профессиональной информированности по обоснованию коэффициента запаса для потенциальных мутагенов при гигиеническом нормировании вредных веществ в воздухе рабочей зоны и повышению степени обоснованности гигиенических нормативов химических веществ (увеличение эффективности до 95 %) с учетом их цитотоксического действия.

Внедрение в практическое здравоохранение методов оценки радиационного риска здоровью и определения граничных доз облучения населения или персонала при нормальной эксплуатации БелАЭС (Инструкции по применению № 009-1121 и № 010-1121, утв. Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 28.01.2022) позволяет оптимизировать защитные меры, устанавливать нормативные уровни и допустимые параметры, соответствующие наименьшим в существующих условиях риска здоровью персонала и населения при эксплуатации БелАЭС. Высокая практическая значимость разработок заключается в том, что они позволяют ликвидировать существующий пробел в инструктивно-методической документации и обеспечить органы государственного санитарного надзора документами, необходимыми для оптимизации защитных мер и установления на нормативном уровне допустимых параметров, соответствующих наименьшим в существующих условиях рискам здоровью персонала и населения при эксплуатации АЭС. Разработанные документы необходимы МЗ РБ и органам государственного санитарного надзора для эффективного выполнения возложенных на них задач обеспечения радиационной защиты и персонала, и населения при эксплуатации БелАЭС (рассчитанный прогнозируемый коэффициент эффективности задания 05.01, в рамках которого разработана указанная НТП, составляет не менее чем 9 с учетом предотвращенного ущерба). Из-за узкой области применения разработки по радиационной безопасности внедрены только в деятельность ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здравоохранения» и ГУ «Гродненский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здравоохранения».

Таким образом, оценка результатов внедрения в практику показала, что разработанная конечная научно-техническая продукция характеризуется высокой степенью научной и практической значимости, эффективности и широким использованием. Анализ применения разработок в организациях, осуществляющих государственный санитарный надзор, приводит к совершенствованию государственного санитарного надзора и производственного лабораторного контроля с получением более объективных и достоверных данных в области применения разработки, к повышению эффективности работы, совершенствованию профессиональных знаний и информированности специалистов, повышению качества их работы. Для ряда методик измерений отмечено, что они доступны и достаточно просты в использовании, способствуют уменьшению времени проведения исследований. Использование НТП в педагогической деятельности (при проведении в учреждениях образования курсов лекций и практических занятий) позволило повысить теоретическую и практическую грамотность студентов и преподавателей, научных сотрудников и специалистов органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор.

Широкая сфера применения конечной НТП обеспечит в перспективе достижение социального эффекта подпрограммы, заключающегося в снижении рисков развития заболеваний, ассоциированных с влиянием факторов среды обитания человека и с влиянием химических загрязнителей для уязвимых групп населения, снижении доз облучения человека (населения, персонала) путем повышения эффективности надзора и радиационно-гигиенического мониторинга за источниками ионизирующего излучения во всех ситуациях облучения персонала и населения, повышении эффективности контроля факторов среды обитания за счет разработки и внедрения современных высокочувствительных методов определения по гигиенически значимым показателям. Согласно расчетам, коэффициент эффективности (от предотвращенного экономического ущерба) выполнения подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» составит более 5, что свидетельствует о ее эффективности.

## Литература

1. Приказ Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь 18 июля 2019 г. № 208 «Об установлении примерных форм документов по разработке и выполнению научно-технических программ, мероприятий по научному обеспечению государственных программ» [Элек-

тронный ресурс]. — Режим доступа: <https://gknt.gov.by/rules/pravovye-akty-respubliki-belarus-v-sferakh-nauchnoy-nauchno-tekhnicheskoy-i-innovatsionnoy-deyatelno/>. — Дата доступа: 11.09.2023.

2. О коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности, созданных за счет государственных средств [Электронный ресурс] : Указ Президента Республики Беларусь 04 февраля 2013 г. № 59. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P31300059>. — Дата доступа: 11.09.2023.

3. Результаты выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ по заданиям Подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», завершенных в 2021 году / С.И. Сычик [и др.] // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / редкол.: С.И. Сычик (гл. ред.), Г.Е. Косяченко (зам. гл. ред.) [и др.]. — Минск : Изд. центр БГУ, 2022. — Вып. 32. — С. 249–259.

4. Дроздова, Е.В. Медико-экологические риски в контексте устойчивого развития / Е.В. Дроздова // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / редкол.: С.И. Сычик (гл. ред.), Г.Е. Косяченко (зам. гл. ред.) [и др.]. — Минск : РИВШ, 2019. — Вып. 29. — С. 168–177.

5. Примерные формы договоров о передаче имущественных прав на результаты научно-технической деятельности, о предоставлении права использования этих результатов [Электронный ресурс] : утв. постановлением Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь 03 сентября 2018 г. № 25. — Режим доступа: <https://gknt.gov.by/rules/pravovye-akty-respubliki-belarus-v-sferakh-nauchnoy-nauchno-tekhnicheskoy-i-innovatsionnoy-deyatelno/>. — Дата доступа: 11.09.2023.

Поступила 02.10.2023

## РЕАЛИЗАЦИЯ НА ТЕРРИТОРИИ МИНСКОГО РАЙОНА ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ПРОЕКТА «ЗДОРОВЫЕ ГОРОДА И ПОСЕЛКИ» В 2023 ГОДУ

*Кравченко Э.Н., [eduard.kravchenko@tut.by](mailto:eduard.kravchenko@tut.by),*

*Гарбуз О.Н., [oxanagar@rambler.ru](mailto:oxanagar@rambler.ru)*

Государственное учреждение «Минский зональный центр гигиены и эпидемиологии»,  
д. Боровляны, Республика Беларусь

Состояние здоровья населения любой страны определяет ее социально-экономический рост, наличие высококачественного трудового, интеллектуального потенциала, формируя спрос и предложение рабочей силы, устойчивое развитие страны и качество жизни населения в ней.

В настоящее время наиболее важным аспектом является дальнейшее совершенствование не только эффективной медицинской помощи, но и качественной, своевременной профилактики с акцентом на формирование психологической доминанты у населения на здоровье как высшую ценность; обеспечение условий для здорового образа жизни (далее — ЗОЖ), а именно разработку перспективных и увеличение объема существующих технологий укрепления здоровья и профилактики заболеваний. Работа в данных направлениях определена целями Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года [1].

В выбранном направлении достижение успеха возможно при условии согласованных межведомственных действий, направленных на улучшение здоровья и качества жизни населения в городах. Одним из наиболее эффективных инструментов налаживания таких связей является проект «Здоровые города» (далее — проект) [2].

Проект Всемирной организации здравоохранения (далее — ВОЗ) «Здоровый город» является одной из наиболее перспективных организационных платформ для повышения социального эффекта местных инициатив и реализации потенциала межведомственного взаимодействия по укреплению здоровья населения. Развитие данного проекта предусмотрено в государственных программах «Здоровье народа и демографическая безопасность Республики Беларусь» на 2016–2020 годы и 2021–2025 годы.

ВОЗ реализует проект «Здоровые города» с 1988 г. в рамках принципов стратегии ООН «Здоровье для всех» и под «здоровым» городом представляет поселение, в котором управленческие решения на уровне местных органов исполнительной власти принимаются с учетом привлечения социально-экономического сектора к инновационной деятельности по охране здоровья и вовлечения проживающего населения в поддержку как важного инструмента политики здоровьесбережения [3].

Способствовать действиям на уровне местного самоуправления в интересах здоровья, уделяя внимание вопросам здоровья — условиям, в которых люди рождаются, растут, живут, работают и стареют, положениям европейской стратегии «Здоровье для всех», цель которой — укрепление, поддержание и охрана здоровья людей на протяжении всей их жизни, является стратегической целью проекта [4].

В глобальном масштабе проект «Здоровый город» ставит своей целью не просто здоровье, а его улучшение, повышение качества жизни людей, ликвидацию социального неравенства в отношении всех факторов, влияющих на здоровье населения, создание условий к формированию у населения потребностей и мотиваций на профилактику заболеваний путем ведения ЗОЖ, приводящих к снижению заболеваемости, смертности от управляемых причин и стабилизации ожидаемой продолжительности жизни, создание условий для развития здоровья на основе межсекторальных принципов взаимодействия [1].

В Республике Беларусь реализация данного проекта была начата с декабря 2012 г., когда Министерство здравоохранения Республики Беларусь выступило с инициативой внедрения в полном объеме проекта ВОЗ в г. Горки.

В последующем в Послании Президента Республики Беларусь А.Г. Лукашенко белорусскому народу и Национальному собранию 19 апреля 2019 г. была поставлена задача распространения проекта ВОЗ на все административные территории, в связи с чем Советом Министров Республики Беларусь в этом же году поддержаны разработка и утверждение государственного профилактического проекта «Здоровые города и поселки» [3].

Основной задачей государственного профилактического проекта было определено следующее: направить усилия органов власти, субъектов социально-экономических, общественных организаций и самого населения на реализацию потенциала межведомственного взаимодействия для решения задач по достижению медико-демографической устойчивости территории, профилактике болезней и формированию ЗОЖ в условиях урбанизированной среды обитания [3].

Реализация поставленной задачи предусмотрена посредством выполнения следующих мероприятий:

разработка и внедрение в среду обитания человека технологий, программ и рекомендаций, способствующих укреплению здоровья и профилактике заболеваний;

— совершенствование информационно-технологических коммуникаций в деятельности по формированию здорового образа жизни;

— модернизация и укрепление, с учетом современных технологий, образовательной, материально-технической базы по формированию здорового образа жизни;

— развитие на более высоком уровне комплексной межотраслевой системы информационно-пропагандистской, образовательной и оздоровительной работы с населением;

— создание и поддержание условий для ведения ЗОЖ, а именно здоровой и экологически безопасной среды в жилище, на работе, на улице, в общественных местах и на селитебной территории; улучшение и поддержание на благополучном уровне условий труда, быта и отдыха населения;

— определение и поддержание условий для ЗОЖ с учетом возрастных и индивидуальных особенностей организма человека [1].

В основе деятельности, осуществляемой в рамках проекта, лежат основные принципы:

— принцип приоритетности здоровья — вопросы здоровья в планировании деятельности всех секторов/ведомств являются приоритетными;

— принцип интеграции действий — проект по своей сути является интегрирующим, что предусматривает долгосрочную и оперативную координацию всех программ и мероприятий различных уровней, статусов и отраслей направленности, т. е. их вертикальную и горизонтальную интеграцию;

— принцип всеобщего участия — все группы общественности и ветви власти, социальные институты принимают участие в реализации проекта;

— принцип личных ценностей — уязвимым группам населения предоставлены возможности для сохранения и развития личного здоровья в первую очередь.

Необходимо отметить, что на здоровье влияет множество факторов, и ответственность за его сохранение лежит на широком круге лиц и организаций, которые должны вносить посильный вклад в обеспечение улучшения, укрепления и поддержания здоровья населения городов и поселков. Обеспечение населения комфортными условиями для жизни, сохранение его здоровья — одна из главных целей в работе местной вертикали власти.

Таким образом, в реализации проекта принимают участие не только жители, но и органы местного самоуправления, учреждения и организации здравоохранения, правоохранительные органы, комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды, горрайотделы по чрезвычайным

ситуациям, структуры, ответственные за жилищно-коммунальное строительство и транспорт, общественные объединения, предприятия города, средства массовой информации и др. [4].

В 2023 г. в рамках государственного профилактического проекта «Здоровые города и поселки» в Минском районе, в соответствии с дорожной картой присоединения населенных пунктов к реализации проекта и вхождения в национальную сеть «Здоровые города и поселки» на период до 2030 г., задействованы г. Заславль, г. п. Мачулищи, аг. Колодищи, аг. Лесной, д. Боровляны.

В рамках проекта в 2023 г. проведены следующие мероприятия:

— решением Минского районного исполнительного комитета (далее — Минский райисполком) № 3517 от 10.04.2023 утвержден новый состав районной группы управления государственным профилактическим проектом «Здоровые города и поселки»;

— состоялся санитарно-эпидемиологический совет при главном санитарном враче Минской области от 25.01.2023 «О реализации профилактического проекта „Здоровые города и поселки“»;

— в рубрике «Заславль — здоровый город» на сайте ГУ «Минский зональный ЦГиЭ», а также на сайте Минского райисполкома размещены актуальные информационные материалы по реализации проекта;

— проведен областной итоговый семинар по формированию ЗОЖ (в формате видеоконференции);

— проведен республиканский семинар «Аспекты формирования ЗОЖ в контексте достижения ЦУР».

С целью повышения грамотности населения в вопросах сохранения и укрепления здоровья, а также популяризации проекта среди населения медицинскими работниками центральной районной клинической больницы (далее — ЦРКБ) проведены мероприятия в рамках Единых дней здоровья: «Профилактика гриппа и ОРЗ»; «Профилактика ИППП»; «Международный день борьбы с наркотиками»; «Всемирный день борьбы с туберкулезом»; «Всемирный день полости рта»; «Всемирный день здоровья»; «Всемирный день гемофилии»; «Всемирный день гигиены рук»; «Всемирный день борьбы с астмой»; «Всемирный день памяти людей, умерших от СПИДа»; «Всемирный день донора крови»; акция «Всемирный день без табака», а также в рамках Европейской недели иммунизации.

На базе ЦРКБ действует пять «школ здоровья»: «Артериальной гипертензии», «Беременных», «Молодой матери», «Третьего возраста», «Сахарного диабета».

В поликлиниках установлены видеомониторы с целью транслирования для посетителей социальной рекламы, оборудованы стенды и уголки здоровья. Разработан макет «В здоровом городе жить — долгожителем быть».

С целью привлечения населения к мероприятиям по формированию ЗОЖ проводятся масштабные профилактические акции, культурно-массовые мероприятия.

Так, в рамках работы по повышению уровня физической активности населения проведен спортивный праздник «Велокарнавал „VIVA ROVAR“»; в рамках реализации национальной стратегии «Активное долголетие — 2030» для формирования ЗОЖ, укрепления здоровья и стимулирования физической активности пожилых граждан проведено спортивное мероприятие — групповой старт по скандинавской ходьбе среди пожилых граждан «В здоровом теле — здоровый дух»; стартовал уникальный межрегиональный спортивный туристический слет «Серебряный компас» для граждан пожилого возраста.

В рамках медицинского обеспечения населения города проводятся профилактические осмотры, мониторинг факторов риска инфекционных заболеваний, направленная работа с детьми, имеющими избыточную массу тела, целевые осмотры осанки у детей и подростков в общеобразовательных учреждениях.

Учреждения образования активно задействованы в реализации проекта. Во всех учреждениях образования Минского района в 2023 г. проведен районный конкурс буклетов «Не погибай от незнания», плакатов «Алкоголь: без мифов и фейков!», листовок о вреде курения, наркомании и алкоголизма «Мир опасных пристрастий», памяток «Алкоголизм. Дурная привычка или болезнь?», «Старт во взрослую жизнь. Права и обязанности», «Выбор есть всегда. Профилактика наркопотребления» и др.

В рамках подготовки к летним каникулам и оздоровительной кампании в каждом учреждении образования в мае 2023 г. проводились мероприятия по вопросам сохранения и укрепления здоровья, формирования ЗОЖ: квест-игры, акции, спортивные праздники, ток-шоу; охвачено 2470 человек.

С целью обеспечения максимального охвата для информирования на официальных сайтах, в родительских чатах, в группах в популярных мессенджерах (Viber, Telegram) размещены листовки о вреде курения, наркомании и алкоголизма.



В целях создания условий для формирования разносторонне физически развитой личности в учреждениях образования Минского района организуются и проводятся физкультурно-оздоровительные и спортивно-массовые мероприятия, которые являются частью образовательного процесса. Все мероприятия призваны решать следующие задачи: воспитание культуры здорового, физически активного образа жизни обучающегося; создание условий для оздоровления обучающихся средствами физической культуры и спорта; привлечение обучающихся к регулярным занятиям физической культурой и спортом и др.

Работа по формированию ЗОЖ в трудовых коллективах, созданию здоровьесберегающей среды на предприятиях и в организациях города включает оформление на предприятиях «Уголков здоровья», размещение на территории информации о запрете курения (для курения отведены специальные места), внедрение практики добровольного страхования, проведение обязательных медицинских осмотров работников, исследование параметров производственных факторов на рабочих местах.

В рамках создания здоровьесберегающей и здоровьесформирующей среды обитания в задействованных населенных пунктах проведены ремонтные работы по восстановлению асфальтобетонного покрытия, строительство велосипедных дорожек, определены зоны, свободные от курения; проводятся мероприятия, формирующие культуру по озеленению и благоустройству территорий.

Благодаря реализации проекта в населенных пунктах происходят изменения в планировании — например, расширяется доступ к безопасной транспортной системе, озеленению и оборудованию общественных мест. Вышеизложенные изменения позволяют в конечном итоге снизить смертность на дорогах, повысить качество воздуха, содействуют повышению физической активности населения, а следовательно, и ведению ЗОЖ [1].

В ходе реализации основных мероприятий проекта за период 2019–2024 гг. предполагается достичь увеличения ожидаемой продолжительности жизни населения; снижения распространенности потребления табака среди молодежи; увеличения физической активности населения посредством занятия спортом; снижения коэффициента смертности населения в трудоспособном возрасте; снижения потребления алкоголя на душу населения; а также улучшения других показателей, характеризующих состояние здоровья населения Минского района.

В ходе проекта реализуются различные подходы к оздоровлению населения посредством решения большинства проблем на уровне местного самоуправления. Ведь именно на местном уровне формируются конкретные запросы людей, связанные со здоровым образом жизни, качеством среды обитания, доступностью медицинской помощи. Проект выполняет важную роль проводника этих запросов, позволяет решать вопросы по улучшению состояния здоровья и качества жизни населения на основе межведомственного взаимодействия.

В ходе анализа полученных данных за время реализации проекта во всех населенных пунктах, принявших участие в нем, отмечено улучшение показателей здоровья населения: сокращается число случаев социально значимых заболеваний, рождаемость начинает превышать смертность, дети и подростки вовлекаются в процесс профилактики наркомании, алкоголизма, курения, дорожно-транспортных происшествий, создается социальная среда, мотивирующая население к выбору здорового образа жизни [5].

В итоге проект должен привести к улучшению физического, психологического, социального и экологического благополучия людей, живущих в городах и поселках, обеспечив устойчивую санитарно-эпидемиологическую обстановку.

Таким образом, государственный профилактический проект «Здоровые города и поселки» является новым общественным всеобъемлющим ресурсом по недопущению распространения болезней среди населения и обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения [3].

## Литература

1. Гиндюк, Н. Т. О внедрении проекта «Минск — здоровый город» / Н. Т. Гиндюк, А. М. Середич, С. В. Кавриго // Современные аспекты здоровьесбережения : сб. материалов юбилейной науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 55-летию медико-профилакт. факультета УО «БГМУ». — Минск, 23–24 мая 2019 г. / Белорус. гос. мед. ун-т ; редкол.: А. В. Сикорский [и др.]. — Минск : БГМУ, 2019. — С. 210–215.

2. Об опыте создания «профиля здоровья города» в международном проекте «Здоровые города» / Е. Л. Жиленко [и др.] // Вестн. Рос. акад. мед. наук. — 2012. — № 5. — С. 38–41.

3. Косова, А. С. Государственный профилактический проект «Здоровые города и посёлки»: подходы к оценке эффективности реализации / А. С. Косова : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. «Здоровье и окружающая среда», посвящ. 95-летию санитарно-эпидемиол. службы Респ. Бе-

ларусь (Минск, 30 сент. — 1 окт. 2021 г.) / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены ; гл. ред. С. И. Сычик. — Минск : Изд. центр БГУ, 2021. — С. 34–38 с.

4. *Кравченко, В. С.* Опыт реализации профилактического проекта «Мозырь — здоровый город» / В. С. Кравченко // Современные аспекты гигиены, эпидемиологии и профилактической медицины : материалы науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию санитарно-эпидемиол. службы Гом. обл. (г. Гомель, 4 нояб. 2022 г.) / редкол.: С. А. Белый [и др.]. — Гомель, 2022. — С. 47–50 с.

5. *Лев, И. М.* О развитии проекта Всемирной организации здравоохранения «Здоровые города» в Республике Беларусь / И. М. Лев // Мир медицины. — 2018. — № 4. — С. 3–4.

Поступила 06.09.2023

## ПРОБЛЕМА НАРКОМАНИИ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ: СОЦИОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

*Нечай С. В., obl@mcge.by,  
Булай А. А., obl@mcge.by,  
Петерсон Н. Л., zoz.obl@mcge.by,  
Богданова М. А., zoz.obl@mcge.by*

Учреждение здравоохранения «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», г. Могилев, Республика Беларусь

Под наркоманией понимают болезненное влечение, пристрастие к систематическому употреблению наркотиков, приводящее к тяжелым нарушениям психических и физических функций организма [1].

Несмотря на принимаемые государством меры по противодействию незаконному обороту наркотиков и профилактике наркопотребления, проблема наркомании остается острой на территории Республики Беларусь и в Могилевской области в частности. С целью изучения степени распространенности потребления наркотических веществ в Могилевской области специалистами УЗ «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» в период с марта по май 2023 г. проведено социологическое исследование методом анкетного опроса среди взрослого населения и учащейся молодежи на тему «Проблема наркомании в современном обществе». Участие в анкетировании приняли 1988 человек:

- 49,7 % — трудоспособное население в возрасте от 18 до 75 лет;
- 26,6 % — учащиеся 9–11 классов общеобразовательных школ;
- 10,3 % — учащиеся профессионально-технических лицеев и колледжей;
- 13,4 % — студенты вузов.

Исследование показало, что более 80 % населения Могилевской области считают серьезной проблему наркомании в нашей стране. Взрослое население чуть более остро оценивает ситуацию. Так, 46,8 % трудоспособного населения считают проблему наркомании «чрезвычайно серьезной», согласны с ними 41,2 % учащейся молодежи. «В общем серьезной» данную проблему в нашей стране признают 35,5 % взрослого населения и 44,3 % молодежи; «не очень серьезной» ее назвали 5,5 % и 8,2 % соответственно; «совершенно не серьезной» — 0,9 % и 1 %; остальные (11,3 % и 5,3 % соответственно) затруднились дать свою оценку.

Более 10 % респондентов считают, что в их населенном пункте приобрести наркотики не составляет особых сложностей. Так, на вопрос: «Насколько трудно (или легко) человеку „достать“ наркотики в Вашем населенном пункте?» 3,9 % учащейся молодежи и 2,5 % трудоспособных участников опроса выбрали вариант ответа «легко», а 12,3 % и 9,1 % соответственно — «скорее легко, чем трудно». Не разделяют мнение этих респондентов 43,2 % опрошенных из числа трудоспособного населения (20,2 % отметили вариант «трудно», 23 % — «скорее трудно, чем легко») и 43,8 % из числа молодежи (21,8 % — «трудно», 22 % — «скорее трудно, чем легко»). Остальные 45,2 % и 40 % соответственно затруднились ответить на поставленный вопрос.

Как показало исследование, около 7 % населения сталкивались хоть однажды с распространителями наркотических средств — 6,7 % взрослого населения и 7,1 % молодежи. Чуть меньше респондентов — 3,9 % и 5,6 % соответственно — получали предложения стать распространителем наркотиков.

Чаще всего предложения распространить наркотические вещества поступали учащимся профессионально-технических учебных заведений — 12,1 % респондентов данной категории

отметили это. Среди школьников 1,6 % опрошенных признались, что получали такие предложения, среди студентов вузов — 6,5 %.

Еще одним вопросом, направленным на изучение мнения респондентов по проблеме наркомании, стал следующий: «Как Вы думаете, почему люди чаще всего начинают употреблять наркотики (токсические вещества, курительные смеси)?». Лидерами стали ответы «из любопытства» и «под влиянием компании». Эти 2 «причины» лидируют как у трудоспособного населения, так и у молодежи. Далее представления данных групп респондентов несколько расходятся. Взрослые люди считают, что помимо вышеназванных «поводов» для употребления наркотиков актуальными в порядке убывания значимости являются следующие: «от безделья», «чтобы расслабиться», «для самоутверждения», «от незнания последствий» и др. У учащейся молодежи свой рейтинг: «чтобы расслабиться», «для самоутверждения», «от безделья», «для поднятия настроения» и др.

Логично, что для того, чтобы попробовать наркотики, необходимо получить предложение сделать это. Такие предложения получали 6,8 % трудоспособных участников опроса (4,8 % — 1 раз; 1,6 % — 2–3 раза; 0,4 % — более 3 раз) и 5,6 % учащейся молодежи (3,5 % — 1 раз; 1,2 % — 2–3 раза; 0,4 % — более 3 раз). Что касается молодежи, то чаще остальных с предложениями попробовать наркотические средства сталкивались учащиеся профессионально-технических учебных заведений — об этом сказали 9,1 %. 4,7 % студентов получали подобные предложения и 0,7 % школьников.

Чаще всего респондентам предлагали курительные смеси («спайс») — 1,7 % трудоспособного населения и 0,9 % молодежи; марихуану — 1,2 % и 0,9 % соответственно; клей или растворитель — 0,6 % и 0,6 %; маковую соломку — 0,3 % и 0,1 % и др.

Наркотики чаще всего людям всех возрастов предлагают друзья или знакомые — это отметили 3,1 % трудоспособных респондентов и 1,9 % учащихся; незнакомые люди предлагали 0,4 % и 0,6 % респондентов соответственно; родственники — 0,2 % и 0,1 %.

Наиболее популярные места для подобных предложений — компания друзей, вне зависимости от ее территориальной локализации об этом сказали 2,2 % взрослого населения и 1,5 % молодежи; улица — наркотики здесь предлагали 0,8 % и 0,6 % респондентов соответственно; на дискотеке — 0,5 % и 0,2 %; в гостях — 0,3 % и 0,2 %, а также в сети интернет — 0,5 % и 0,2 % и др.

Среди иных факторов, увеличивающих вероятность употребления наркотиков, специалисты отмечают наличие в семье или в компании, в которую входит человек, наркоманов. Изучая ближайшее социальное окружение наших респондентов, им был задан вопрос: «Есть ли среди близких Вам людей (друзья, члены семьи, родственники) те, кто употребляет наркотики и/или курительные смеси?». Положительно на этот вопрос ответили 3,5 % трудоспособных респондентов и 1,8 % из числа учащейся молодежи. При этом 11 % и 4,4 % респондентов соответственно выбрали вариант ответа «затрудняюсь ответить», остальные дали отрицательный ответ.

Употребляющие наркотические вещества друзья и знакомые есть у 1,5 % взрослых респондентов и у 0,4 % молодежи; родственники — у 0,5 % и 0,7 % соответственно, часть респондентов отказались указать, кто именно из их окружения употребляет наркотики.

Однако не все респонденты в ответах на данный вопрос были до конца искренни. Ведь как иначе можно объяснить тот факт, что 9,3 % опрошенных нами взрослых и 4,2 % учащихся признались, что попадали в ситуации, когда в их присутствии употребляли наркотики? С натяжкой, это можно объяснить разве только тем, что употребление наркотиков происходило, когда респонденты находились в компании малознакомых людей (это тоже настораживает), которых они не относят к близким людям. В подобные ситуации попадали 11,3 % мужчин и 5,1 % парней, 7,2 % женщин и 3,3 % девушек.

Чаще остальных в компаниях с употребляющими наркотики бывали учащиеся учреждений профессионально-технического образования — 8,2 %. Среди студентов вузов в таких компаниях бывали 5,2 %, среди школьников — 2,1 %. Вспоминая мотивы употребления наркотиков, напомним, что «влияние компании» было одним из лидеров в рейтинге респондентов. Имея окружение, где употребляют наркотики, особенно молодым людям сложно противостоять и не поддаться искушению.

Один из самых «откровенных» вопросов анкеты звучал так: «Пробовали ли Вы следующие наркотические вещества?», далее был предложен список популярных наркотических веществ. В употреблении признались 4,3 % взрослых участников опроса и 1 % учащейся молодежи.

По данным проведенного опроса, в «рейтинге популярности» среди наркотических и токсических средств курительные смеси уверенно занимают первое место. Так, из всех наркотиков, в употреблении которых признались наши респонденты, курительные смеси составляют более 50 %, на втором месте — марихуана, замыкают тройку лидеров клей и растворитель.

В том, что пробовали курительные смеси, признались 1,5 % респондентов из числа трудоспособного населения и 0,4 % молодежи; марихуану пробовали 0,7 % и 0,1 % соответственно; клей или растворитель — 0,4 % и 0,1 %; экстази — 0,2 % и 0,1 %; ЛСД («кислота», «марки») — 0,1 % и 0,1 % и др.

Каков же социальный портрет человека, решившего попробовать наркотики? Итак, начнем с молодежи. Среди признавшихся в употреблении парни составляют 72 %, девушки — 18 %. Большинство из них (65 %) воспитывались в полных семьях, у остальных — одна мать; на момент опроса 28,5 % обучались в средних школах, 28,5 % — в вузах и 43 % — в колледжах.

Что касается трудоспособного населения, то наркотические вещества также чаще пробуют мужчины. Из числа признавшихся в употреблении 75,8 % составляют мужчины и 24,2 % женщины. 31,3 % этих респондентов имеют общее среднее образование, 21,9 % — профессионально-техническое, 31,3 % — среднее специальное, 15,5 % — высшее. В качестве главных причин начала потребления наркотиков респонденты отмечали все те же, вышеназванные: «любопытство», «чтобы расслабиться», «для поднятия настроения», «под влиянием компании» и др.

Респондентам, признавшимся в употреблении наркотических (токсических) средств, было предложено ответить на вопросы о возрасте начала употребления, о месте и частоте употребления, о желании «завязать» с пагубным пристрастием и др. Среди молодежи только 1 человек ответил на все предложенные вопросы, остальные просто проигнорировали их, видимо, по причине желания скрыть отдельные факты. Итак, только 1 респондент ответил, что попробовал курительную смесь лишь однажды, в 15 лет, в компании друзей и больше не употребляет.

Что касается взрослого населения, то эта категория респондентов была более откровенна. По результатам анкетирования большинство впервые попробовали наркотик в достаточно молодом возрасте: 11,6 % — с 11 до 15 лет; 34,7 % — с 16 до 18 лет; 26,9 % — с 19 до 21 года; 7,7 % — с 22 до 25 лет; 15,3 % — с 25 до 35 лет; 3,8 % — после 35 лет.

Абсолютное большинство из этих респондентов (69,2 %) отметили, что пробовали наркотические вещества только 1 раз и больше не употребляли. Еще 11,5 % указали, что раньше употребляли наркотики, но в данный момент оставили эту пагубную привычку. При этом 11,5 % употребляют наркотики несколько раз в месяц, 7,8 % — несколько раз в неделю. Чаще всего наркотики респонденты употребляли дома у друзей — 30,7 %, в клубе — 23,1 %, у себя дома — 23,1 %, на улице — 15,4 % и др.

По данным проведенного анкетного опроса, 95 % молодых людей и 62 % взрослых из числа употребляющих или ранее употреблявших наркотики считают, что последние наносят вред здоровью, 95 % и 69,2 % соответственно из этих респондентов хотят полностью отказаться (или уже отказались) от употребления наркотических средств.

Чаще всего наркоманы ни к кому не обращаются за помощью в прекращении употребления наркотических средств. Так и среди наших респондентов, употребляющих наркотики, 96 % никогда ни к кому не обращались с просьбой помочь избавиться от пагубной привычки. Остальные пытались искать в этом помощь и поддержку у родственников, медицинских работников, учителей, друзей.

Интересен и тот факт, что более половины респондентов (60 %), продолжающих употреблять наркотики, считают, что смогут «завязать» в любой момент, и только каждый девятый из тех, кто никогда не употреблял наркотические средства, думает так же.

Финальным вопросом анкеты для трудоспособного населения стал следующий: «Что, на Ваш взгляд, может изменить ситуацию с незаконным потреблением наркотиков?». Из предложенных вариантов ответов каждый второй (47,5 %) выбрал «изменение законодательства в сторону ужесточения ответственности за сбыт и распространение наркотиков», каждый третий (29,8 %) — «введение обязательного принудительного лечения от наркомании», столько же респондентов — «усиление антинаркотической пропаганды среди молодежи», каждый пятый (20,5 %) — «увеличение числа досуговых учреждений (доступность кружков, секций)».

Таким образом, по мнению большинства взрослого населения, усиление директивных мер сможет иметь преимущественное влияние на изменение ситуации с потреблением наркотиков в белорусском обществе.

Молодые респонденты не отвечали на этот вопрос. Их попросили указать источники, из которых они чаще всего получают информацию о последствиях употребления наркотических средств. Главными источниками стали: педагоги (58,4 %), школьные психологи (50,9 %), сотрудники милиции (43,3 %), телевидение (43,5 %), родители (36,5 %) и др.

Однако получать подобные знания, к сожалению, готовы далеко не все молодые люди. Ведь на вопрос: «Заинтересованы ли Вы в получении знаний, информации о влиянии и вреде наркотиков?» только 48 % учащихся ответили положительно. Эти данные ни в коем случае не свидетельствуют о том, что подобную работу проводить не надо; напротив это должно стать стимулом для разработки новых интересных форм профилактической работы с молодежью.

Кроме недостаточной заинтересованности в получении информации о влиянии наркотиков на организм человека, по результатам исследования можно отметить и низкий уровень обсуждения этой проблемы в молодежных компаниях. Только 7,9 % наших респондентов регулярно обсуждают

проблему наркотиков и последствия их употребления в кругу своих друзей. 45,5% делают это лишь иногда. Около половины молодежи (46,6%) никогда не затрагивают этот вопрос в общении со сверстниками. Возможно, данный факт объясняется достижением ими определенного уровня «информационного насыщения». Ведь ежедневно для них из различных источников (СМИ, родители, педагоги, медицинские работники) поступает большой объем профилактической информации. Вместе с тем воспринимать ее, к сожалению, способен не каждый. Как показывает опыт, программы, ориентированные только на информацию о негативных последствиях употребления психоактивных веществ, являются менее результативными. Поэтому очевидно, что добиться сколько-нибудь заметных результатов в решении проблемы наркопотребления невозможно без организации адекватной первичной профилактики, которая сегодня становится одной из важнейших задач как системы образования, так и общества в целом.

Анализ международного опыта показывает, что самыми эффективными программами первичной профилактики считаются программы, обучающие адаптивному стилю жизни, навыкам общения, критическому мышлению, умению принимать самостоятельные решения и умению твердо сказать «нет» на предложения психоактивных веществ.

Наркомания — достаточно латентное явление. Признаться в употреблении наркотиков, даже при анонимном анкетировании, способен далеко не каждый. Тем не менее, в рамках исследования выявлен ряд факторов риска, способных усугубить проблему наркомании среди жителей Могилевской области. Ее следует предупреждать, не дожидаясь раскручивания этого «колеса» на полную силу. Тогда уже остановить его или повернуть вспять будет слишком сложно.

Любое отдельно взятое ведомство не в состоянии обеспечить проведение всеобъемлющей программы профилактики. Поэтому для того, чтобы добиться снижения спроса на наркотики в обществе, так важны совместные усилия правоохранительных органов, учреждений образования, учреждений здравоохранения, общественных организаций и самой молодежи.

Наряду с вопросом первичной профилактики актуальными являются также вопросы лечения и особенно реабилитации больных наркоманией.

## Литература

1. Наркомания [Электронный ресурс] // Википедия. Свободная энциклопедия. — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/наркомания>. — Дата доступа: 09.09.2023.

Поступила 13.09.2023

## НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, ВЫЗЫВАЮЩИХ ОБЕСПОКОЕННОСТЬ, КАК ВОЗМОЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

<sup>1,2</sup>Рабикова Д. Н., *secretary@rosreg.info*,

<sup>1</sup>Тарасова Е. В., к. х. н., *secretary@rosreg.info*,

<sup>1,2</sup>Проскура А. С., *secretary@rosreg.info*,

<sup>1,2</sup>Хамидулина Х. Х., д. м. н., *director@rosreg.info*

<sup>1</sup>Филиал «Регистр потенциально опасных химических и биологических веществ» Федерального бюджетного учреждения науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

Совершенствование нормативно-правового регулирования является одним из приоритетных направлений государственной политики Российской Федерации (далее — РФ) в области обеспечения химической и биологической безопасности страны. В рамках научно-исследовательской работы по государственной программе «Обеспечение химической и биологической безопасности на 2021–2024 гг.» Филиалом «Российский регистр потенциально опасных химических и биологических

веществ» ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (далее — РПОХБВ) была разработана концепция по замещению высокоопасных химических веществ в составе продукции (пищевая, синтетические моющие средства и товары бытовой химии, пестициды, лакокрасочные материалы, основная химия) более безопасными аналогами, которая включает в себя среди прочего мониторинг высокоопасных химических веществ в среде обитания человека и продукции, выбор веществ для приоритетного регулирования (запрещения и ограничения), поиск и оценку альтернатив.

Проведенная работа показала, что в целях разработки эффективных мероприятий по минимизации риска воздействия химических веществ на всех стадиях жизненного цикла (от сырьевых компонентов до отходов производства и потребления) и безопасному управлению, в том числе запрету и (или) ограничению, а также обеспечения прозрачности регуляторных решений и широкого информирования населения представляется целесообразным создать национальный перечень химических веществ, вызывающих обеспокоенность, на основании единого международного гармонизированного подхода к оценке, классификации опасности и маркировке химических веществ в качестве возможного инструмента системы безопасного регулирования [1].

Национальный перечень химических веществ, вызывающих обеспокоенность, представляет собой список веществ, обладающих свойствами канцерогенов, мутагенов, репротоксикантов и эндокринных разрушителей 1 и 2 классов опасности по согласованной на глобальном уровне системе классификации и маркировки химических веществ (далее — СГС), утвержденный исполнительными органами власти в установленном порядке, и может формироваться следующим образом:

1. На основании анализа нормативно-правовых актов Российской Федерации, международного законодательства с учетом предложенных критериев отбора создаются проекты национальных перечней химических веществ, воздействующих на репродуктивную функцию организма (гонадо-, эмбриотоксическое действие) и (или) развитие плода (тератогенное действие), и (или) обладающих канцерогенным, и (или) мутагенным (генотоксическим) эффектами, и (или) воздействующих на эндокринную систему.

2. Проводится сбор и анализ токсикологической информации на каждое химическое вещество по изучаемому опасному фактору с использованием научных статей, монографий, международных и национальных баз данных, экспериментальных данных.

3. Осуществляется классификация отобранных химических веществ по степени выраженности и доказанности эффекта в соответствии с критериями СГС с использованием комплексного подхода к оценке опасности (результаты исследований *in silico*, *in vitro*, *ex vivo*, *in vivo*).

4. Проект утверждается исполнительными органами власти в установленном порядке.

В настоящее время в Российской Федерации утверждены методические рекомендации МР 1.2.0321-23 «Оценка и классификация опасности репродуктивных токсикантов». В документе, разработанном РПОХБВ, отражены списки химических веществ, классифицированных по воздействию на репродуктивную функцию и развитие потомства, отнесенных к классу 1 (1А или 1В) — всего 140 позиций, к классу 2 — 101, химических веществ, оказывающих воздействие на лактацию, — 19; а также указаны основные виды нарушений, связанных с воздействием химических веществ.

Впервые в Российской Федерации в разработанных РПОХБВ методических рекомендациях МР 1.2.0313-22 «Оценка и классификация опасности эндокринных разрушителей» представлен национальный перечень химических веществ, оказывающих воздействие на эндокринную систему, — эндокринных разрушителей (эндокринных дизрапторов) с описанием основных видов нарушений. При классификации опасности воздействия на эндокринную систему химическое вещество может быть отнесено к трем классам опасности: 1А — химические вещества, в отношении которых установлено воздействие на эндокринную систему организма человека; 1В — химические вещества, оказывающие вредное воздействие на эндокринную систему человека; 2 — химические вещества, оказывающие предполагаемое воздействие на эндокринную систему человека; 3 — химические вещества, возможно проявляющие эндокринную активность. Химических веществ, классифицированных по воздействию на эндокринную систему, отнесенных к классу 1 (1А или 1В), выявлено 212, к классу 2 — 248, к классу 3 — 32.

Что касается канцерогенов, то в РФ до 1 января 2021 г. существовал СанПиН 1.2.2353-08 «Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности», в котором были перечислены канцерогенные вещества и производственные факторы. В основе этого документа лежали перечни и монографии Международного агентства по изучению рака. На сегодняшний день перечень канцерогенов изложен в СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда», однако он требует актуализации и классификации в соответствии с СГС. Поэтому с использованием критериев СГС и комплексной оценки канцерогенного эффекта на основании научных статей, монографий, отечественных и зарубежных баз данных РПОХБВ подготовлен

национальный перечень канцерогенов, требующий рассмотрения и утверждения Комиссией по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию в установленном порядке. Проект национального перечня химических веществ, обладающих канцерогенным действием, содержит канцерогены 1А класса опасности — 47 наименований; 1В класса опасности — 57 наименований; 2 класса опасности — 216 наименований. Для каждого химического вещества указаны органы-мишени при пероральном и ингаляционном путях поступления.

Национальный перечень мутагенов в РФ отсутствует, в связи с чем РПОХБВ проведена работа по оценке и классификации опасности химических веществ, обладающих мутагенным эффектом [2].

Проект национального перечня химических веществ, вызывающих обеспокоенность, был составлен с использованием национальных перечней канцерогенов, мутагенов, репротоксикантов и эндокринных разрушителей и содержит всего 1480 наименований химических веществ из них: 630 мутагенов, 320 канцерогенов, 271 репротоксикантов, 502 эндокринных разрушителей; при этом выявлено 12 веществ, обладающих 4 эффектами, и 29 веществ, обладающих тремя эффектами (таблица 1, полный перечень представлен на официальном сайте РПОХБВ ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора).

Таблица 1 — Проект национального перечня химических веществ, вызывающих обеспокоенность (выборка веществ с 3–4 эффектами)

№	Наименование	CAS	М	К	Р	Э
1	Акриламид	79-06-1	1В	1В	2	1В
2	Акрилонитрил	107-13-1	–	2	1	2
3	Бенз[а]пирен	50-32-8	1В	1А	1В	1В
4	Бензол	71-43-2	1В	1А	1	–
5	3,3-Бис(4-гидроксифенил)-2-бензофуран-1-он	77-09-8	2	2	2	–
6	Бромдихлорметан	75-27-4	2	2	–	2
7	1-Бромпропан	106-94-5	–	2	1В	2
8	Бута-1,3-диен	106-99-0	1В	1А	2	1В
9	Ванадий (V) оксид	1314-62-1	2	2	2	–
10	4,4'-Диаминодифенилметан	101-77-9	2	2	–	1В
11	1,2-Дибром-3-хлорпропан	96-12-8	1В	2	1А	1А
12	Диметилсульфат	77-78-1	2	1В	2	–
13	2,4-Динитротолуол*	121-14-2	2	2	2	2
14	2,6-Динитротолуол*	606-20-2	2	2	2	–
15	Ди-трет-бутилпероксид	110-05-4	2	–	2	2
16	Дихлорметан	75-09-2	2	1В	–	2
17	Диэтилстильбэстрол	56-53-1	–	1А	1	1А
18	Кадмий	7440-43-9	2	1А	2	1В
19	Кобальт сульфат	10124-43-3	2	2	1В	–
20	4-Метил-1,3-бензолдиамин	95-80-7	2	2	2	2
21	2-Метилбута-1,3-диен	78-79-5	2	2	–	2
22	2-Нитротолуол	88-72-2	1В	1В	2	–
23	4,4'-Оксианилин	101-80-4	1В	2	2	2
24	Пек; каменноугольный деготь	65996-93-2	1В	1А	1В	–
25	Пентадекафтороктановая кислота	335-67-1	–	2	1В	1В
26	Ртуть (II) дихлорид	7487-94-7	2	–	2	1В
27	Стирол	100-42-5	–	1В	1В	2
28	Тетрахлорэтилен	127-18-4	–	1В	2	1В
29	Трихлорметан	67-66-3	–	2	2	1В
30	1,2,3-Трихлорпропан	96-18-4	–	1В	1В	2
31	Трихлорэтилен	79-01-6	2	1А	2	1В

№	Наименование	CAS	М	К	Р	Э
32	Формальдегид	50-00-0	2	1А	1	2
33	Фуран	110-00-9	2	2	–	2
34	Хлортолуол	100-44-7	–	1В	2	2
35	1-Хлор-2,3-эпоксипропан	106-89-8	–	1В	1	2
36	Хлорэтилен	75-01-4	–	1А	1	2
37	1,2-Эпоксипропан	75-56-9	1В	2	–	1В
38	2,3-Эпоксипропанол	556-52-5	2	1В	1В	2
39	Эпоксигтан	75-21-8	1В	1А	1	2
40	Этанол**	64-17-5	1В	–	1	2
41	Этиленимин	151-56-4	1В	2	2	–

\* Доказательством отсутствия репротоксического действия являются экспериментальные данные.  
\*\* Классификация в качестве мутагена и репротоксиканта при внутрижелудочном поступлении в организм.  
Примечания:  
1) М – класс опасности по мутагенному действию;  
2) К – класс опасности по канцерогенному действию;  
3) Р – класс опасности по репротоксическому действию в соответствии с МР 1.2.0321-23 «Оценка и классификация опасности репродуктивных токсикантов»;  
4) Э – класс опасности по эндокринному действию в соответствии с МР 1.2.0313-22 «Оценка и классификация опасности эндокринных разрушителей».

Создание подобного перечня будет способствовать интенсификации работ по следующим направлениям:

1. Надлежащая реализация технических регламентов Евразийского экономического союза «О безопасности химической продукции» (ТР ЕАЭС 041/2017) и национального регламента РФ «О безопасности химической продукции» в части классификации опасности и маркировки продукции, создания и ведения реестра химических веществ и смесей, составления паспортов безопасности. По нашему мнению, классификацию опасности химических веществ и смесей, особенно в отношении отдаленных и специфических эффектов, должны выполнять эксперты (врачи-токсикологи), имеющие соответствующую подготовку и, главное, значительный опыт работы в данном направлении, поскольку принятие решения о наличии или отсутствии того или иного эффекта часто затруднено ввиду противоречивости результатов исследований. Поэтому предлагаемый перечень станет хорошим подспорьем для представителей бизнес-сообщества при классификации своей продукции и составлении паспортов безопасности.

2. Оценка опасности отходов. Мировая практика по безопасному регулированию химических веществ учитывает их опасность не только в составе продукции и изделий, но и в составе отходов, производства и потребления. В РФ действующая в настоящее время классификация отходов согласно Приказу Минприроды России (Министерства природных ресурсов и экологии РФ) от 04.12.2014 № 536 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к 1–5 классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду» осуществляется с учетом их воздействия на здоровье человека и окружающую природную среду, при этом специфические и отдаленные эффекты (канцерогенный, мутагенный, репротоксический, воздействие на эндокринную систему и др.) не принимаются во внимание и, как следствие, не учитываются при утилизации. В связи с этим целесообразно кодирование отходов по опасным свойствам и его включение в качестве классификационного признака в Федеральный классификационный каталог отходов, что позволит всем заинтересованным сторонам разработать комплекс мероприятий по надлежащему обращению с отходами. В предлагаемой схеме кодирования классификация компонентов отхода по эффектам в соответствии с СГС занимает центральное место [3].

3. Мониторинг высокоопасных химических веществ в среде обитания человека и продукции.

4. Выбор веществ для приоритетного регулирования, в том числе запрещения и (или) ограничения. Ключевыми элементами выбора веществ для приоритетного регулирования являются требования международных соглашений, данные социально-гигиенического, экологического мониторингов и производственного контроля и классификация опасности.

5. Замена высокоопасных химических веществ в составе продукции и изделий на безопасные аналоги невозможна без изучения физико-химических свойств, технических параметров, оценки



опасности веществ и содержащей химические вещества продукции, нуждающейся в замене; поиска и оценки альтернативных веществ по параметрам безопасности и техническим свойствам.

6. Совершенствование экспертной деятельности контрольно-надзорных органов.

## Литература

1. Предложения по усовершенствованию методической и нормативно-правовой базы Российской Федерации в области химической безопасности / Х.Х. Хамидулина [и др.] // Токсикол. вестн. — 2023. — № 4. — С. 214–225.

2. Хамидулина, Х.Х. Разработка национального перечня канцерогенов, мутагенов и репротоксикантов и его внедрение в регулирование обращения химических веществ на территории Российской Федерации и государств Евразийского экономического союза / Х.Х. Хамидулина, Д.Н. Рабикова // Гигиена и санитария. — 2021. — Т. 100, № 9. — С. 897–902.

3. Рабикова, Д.Н. Разработка принципов кодирования отходов производства и потребления по опасным свойствам (канцерогенность, мутагенность и репротоксичность) / Д.Н. Рабикова, Х.Х. Хамидулина, Е.В. Тарасова // Токсикол. вестн. — 2022. — № 5. — С. 332–342.

Поступила 25.09.2023

## ОЦЕНКА НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Соколов С.М., д.м.н., профессор, [risk.factors@rsph.by](mailto:risk.factors@rsph.by),

Пшегрода А.Е., [risk.factors@rsph.by](mailto:risk.factors@rsph.by),

Соловьев В.В., [risk.factors@rsph.by](mailto:risk.factors@rsph.by),

Гриценко Т.Д., к.б.н., [risk.factors@rsph.by](mailto:risk.factors@rsph.by),

Карпук Л.И., [risk.factors@rsph.by](mailto:risk.factors@rsph.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Загрязнение атмосферного воздуха является проблемой любого государства и одним из основных факторов риска для здоровья, связанных с окружающей средой. По данным Всемирной организации здравоохранения (далее — ВОЗ), уровни загрязнения атмосферного воздуха становятся все более опасными: в настоящее время 9 из 10 человек дышат загрязненным воздухом, что ежегодно приводит к 7 миллионам смертей. Загрязнение атмосферного воздуха отрицательно сказывается на состоянии здоровья человека. Согласно данным ВОЗ, треть случаев смерти от инсульта, рака легких и сердечно-сосудистых заболеваний обусловлена загрязнением атмосферного воздуха [1].

Оценка загрязнения воздуха населенных мест приобретает особую актуальность в тех случаях, когда в сложившихся условиях не удастся обеспечить соблюдение предельно допустимых концентраций. В таких ситуациях предполагается оценка загрязнения атмосферы в виде качественной характеристики его влияния на здоровье населения и установления количественной зависимости заболеваемости населения от суммарного загрязнения атмосферного воздуха [2].

Установлено, что при каждом последующем удвоении суммарного загрязнения атмосферы заболеваемость населения увеличивается на определенный процент по сравнению с таковым в контрольном районе. При этом относительный риск заболеть болезнями органов дыхания, сердечно-сосудистой системы возрастет на 24% и 12% соответственно [3].

В Республике Беларусь требования в области охраны атмосферного воздуха, отвечающей установленным требованиям по показателям качества и безопасности, закреплены на законодательном уровне Законом Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» [4].

Для исследования были отобраны территории с наибольшими уровнями загрязнения атмосферного воздуха и высокими значениями комплексных показателей оценки его качества. Анализ проведен на территориях, для которых установлены статистически значимые различия в уровнях фоновых концентраций. Так, в г. Минске в анализ были включены следующие территории: ул. Карвата, ул. Маяковского, г. Минск (в целом), ул. Уборевича, проезд Голодеда, ул. Минина, ул. Ботаническая, ул. Тростенецкая, ул. Казинца (два поста), пр. Независимости, ул. Корженевского, ул. Уральская,

ул. Академическая, ул. Вышелесского, ул. Ванеева, ул. Ваупшасова, ул. Тимирязева, ул. Брикета, ул. Скорины, ул. Калиновского, ул. Острошицкая. Всего расчеты были проведены по 24 расчетным точкам. Статистическая обработка полученных данных проведена с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel 2010.

Статистически значимые отличия в максимальных значениях комплексных показателей «Р» установлены в районах ул. Ваупшасова, ул. Уральская, ул. Тимирязева, ул. Минина и ул. Корженевского. Значения комплексного показателя загрязнения атмосферного воздуха (Р) на данных территориях варьировались от 0,944 до 1,133, что соответствует «допустимой» степени загрязнения атмосферного воздуха.

- Средняя концентрация наиболее значимых загрязняющих веществ при этом составила:
- твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль) – 66,13 мкг/м<sup>3</sup>;
  - твердые частицы, фракции до 10 мкм – 58,67 мкг/м<sup>3</sup>;
  - диоксид серы – 19,79 мкг/м<sup>3</sup>;
  - оксид углерода – 582,46 мкг/м<sup>3</sup>;
  - диоксид азота – 74,88 мкг/м<sup>3</sup>.

Ни по одному из загрязняющих веществ не выявлено превышений предельно допустимых концентраций (далее – ПДК), при этом их наибольшие значения составили для:

- твердых частиц (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль) – 0,37 ПДК;
- твердых частиц, фракции до 10 мкм – 0,51 ПДК;
- диоксида серы – 0,06 ПДК;
- оксида углерода – 0,18 ПДК;
- диоксида азота – 0,43 ПДК.

Проведен анализ заболеваемости по данным государственной статистики за период 2014–2020 гг.

Общая заболеваемость по г. Минску за период 2014–2020 гг. для детского и взрослого населения представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Общая заболеваемость по г. Минску за период 2014–2020 гг. для детского и взрослого населения (на 100 тыс. населения)

Год	Заболеваемость, на 100 тыс. населения		
	Дети (0–17 лет)	Взрослые (18 лет и старше)	Всего
2014	308 818,1	197 512,8	216 867,1
2015	321 716,9	202 330,2	223 504,3
2016	327 382,8	206 755,9	228 610,9
2017	332 045,6	209 640,5	232 217,5
2018	321 739,2	208 034,6	229 197,3
2019	313 610,3	208 348,5	227 990,1
2020	258 697,8	201 128,1	212 021,2

Установлено, что общая заболеваемость населения по г. Минску за исследуемый период варьировалась от 212 021,2 случая на 100 тыс. населения в 2020 г. до 232 217,5 случая на 100 тыс. населения в 2017 г. Причем заболеваемость детского населения превышала заболеваемость взрослых более чем в 1,5 раза (за исключением 2020 г.).

Одними из основных групп заболеваний, на развитие которых большую роль оказывает атмосферный воздух, являются болезни органов кровообращения и органов дыхания. Заболеваемость населения болезнями системы кровообращения и органов дыхания по г. Минску за период 2014–2020 гг. для детского и взрослого населения представлена в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Заболеваемость болезнями системы кровообращения по г. Минску за период 2014–2020 гг. для детского и взрослого населения (на 100 тыс. населения)

Год	Заболеваемость, на 100 тыс. населения		
	дети (0–17 лет)	взрослые (18 лет и старше)	всего
2014	2679,9	40 657,0	33 558,0
2015	2884,5	40 194,1	33 577,0

Год	Заболеваемость, на 100 тыс. населения		
	дети (0–17 лет)	взрослые (18 лет и старше)	всего
2016	3363,9	41 160,3	34 312,4
2017	3066,2	41 519,2	34 426,7
2018	2886,3	41 504,5	34 316,9
2019	2927,7	41 758,4	34 512,7
2020	2598,7	36 838,0	30 359,4

В структуре общей заболеваемости за анализируемый период вклад болезней системы кровообращения для всего населения составил 14–15 %. Доля болезней системы кровообращения в структуре общей заболеваемости взрослого населения составила 18–21 %.

Таблица 3 — Заболеваемость болезнями органов дыхания по г. Минску за период 2014–2020 гг. для детского и взрослого населения (на 100 тыс. населения)

Год	Заболеваемость, на 100 тыс. населения		
	дети (0–17 лет)	взрослые (18 лет и старше)	всего
2014	191 916,6	34 312,3	61 665,1
2015	198 857,9	34 964,2	64 032,0
2016	201 693,7	35 053,5	65 245,1
2017	207 587,1	36 141,0	67 763,4
2018	199 478,5	34 690,1	65 360,5
2019	193 938,1	32 240,3	62 412,7
2020	153 149,9	47 056,9	67 131,3

В структуре общей заболеваемости болезни органов дыхания для населения г. Минска за период 2014–2020 гг. составили 27–32 %, при этом в структуре общей заболеваемости детского населения они имеют преобладающее значение и за изучаемый период их доля составила 59–63 %.

По результатам обработки полученных данных установлено, что средний многолетний темп роста болезней системы кровообращения составил 98,34 %, в том числе для детей (0–17 лет) — 99,49 %, для взрослого населения (18 лет и старше) — 98,37 %. Средний многолетний темп роста болезней органов дыхания составил 101,43 %, в том числе для детей (0–17 лет) — 96,31 %, для взрослого населения (18 лет и старше) — 105,41 %.

Средний многолетний темп прироста болезней системы кровообращения составил 1,66 %, что соответствует умеренной (средневыраженной) тенденции к снижению заболеваемости; в том числе для детей (0–17 лет) — 0,51 % (стабильная тенденция), для взрослого населения (18 лет и старше) — 1,63 % (умеренная (средневыраженная) тенденция к снижению заболеваемости).

Средний многолетний темп прироста болезней органов дыхания составил 1,43 %, что соответствует умеренной (средневыраженной) тенденции к росту заболеваемости; в том числе для детей (0–17 лет) — 3,69 % (умеренная (средневыраженная) тенденция к снижению заболеваемости), для взрослого населения (18 лет и старше) — 5,41 % (выраженная тенденция к росту заболеваемости).

Согласно Инструкции по применению № 030-1221 «Метод количественной оценки популяционного неканцерогенного риска здоровью населения при различной степени загрязнения атмосферного воздуха», утвержденной заместителем Министра здравоохранения — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 11.05.2022, «допустимой» степени загрязнения атмосферного воздуха соответствуют фоновый уровень заболеваемости и такая градация популяционного здоровья населения, как «адаптация». Согласно шкале рисков, уровень канцерогенного риска составляет  $10^{-7}$  (один дополнительный случай рака в популяции 1 млн чел.), и такой риск считается «приемлемым» (низкая приоритетность, действующая система управления риском, дополнительных мер не требуется) [5].

Внедрение Инструкции по применению № 030-1221 и ее применение при проведении оценки риска здоровью населения при изменении (корректировке) санитарно-защитных зон объектов позволили получить более точную и достоверную информацию о степени загрязнения атмосферного воздуха по значениям комплексных показателей и величине популяционного здоровья, что значительно сокращает время при проведении расчетов.

## Литература

1. WHO global air quality guidelines / World Health Organization. — Copenhagen, 2021. — 273 p.
2. *Просвирякова, И. А.* Гигиеническая оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами на здоровье населения / И. А. Просвирякова, Л. М. Шевчук // Медицина труда и экология человека. — 2018. — № 3. — С. 28–32.
3. Оценка ущерба здоровью населения Москвы от воздействия взвешенных веществ в атмосферном воздухе / С. М. Новиков [и др.] // Гигиена и санитария. — 2009. — № 6. — С. 41–43.
4. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Закон Республики Беларусь, 26 нояб. 1992 г., № 1982-XII. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=v19201982>. — Дата доступа: 30.09.2023.
5. Метод количественной оценки популяционного неканцерогенного риска здоровью населения при различной степени загрязнения атмосферного воздуха : инструкция по применению, рег. № 030-1221 / разработ.: С. И. Сычик [и др.]. — Минск : [б. и.], 2022. — 13 с.

Поступила 21.11.2023

## ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ КАК ОДИН ИЗ ЭТАПОВ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ (НАДЗОРА) ЗА ПРОДУКЦИЕЙ, ОБРАЩАЕМОЙ НА РЫНКЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*Сычик С. И., к. м. н., доцент, [rspch@rspch.by](mailto:rspch@rspch.by),  
Шарамков В. А., [sharamkou.u@gmail.com](mailto:sharamkou.u@gmail.com),  
Табелева Н. Н., к. м. н., [nntabeleva@mail.ru](mailto:nntabeleva@mail.ru),  
Столяренко В. А., [bstu12@mail.ru](mailto:bstu12@mail.ru)*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Осуществление в Республике Беларусь всех видов контрольной (надзорной) деятельности, в том числе государственный санитарный надзор за соблюдением проверяемыми субъектами законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения и за соблюдением требований технических регламентов Таможенного союза / Евразийского экономического союза (далее — ТР ТС / ЕАЭС, Союз), регулируется Указом № 510 [1].

Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований ТР ТС / ЕАЭС, санитарных, фитосанитарных и ветеринарных мер Союза является значительной мерой по противодействию попаданию на рынок небезопасной продукции и по выводу ее из обращения. Государственный контроль (надзор) является важным компонентом созданной в Союзе инфраструктуры для обеспечения выпуска на рынок безопасной продукции наряду с аккредитацией органов по оценке соответствия, осуществляющих процедуры подтверждения соответствия и допуск продукции на рынок; функционированием испытательных центров (лабораторий) и экспертных организаций, институтов стандартизации и обеспечения единства измерений [2].

В соответствии с абз. 2 п. 4 ст. 53 Договора о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 г. в целях гармонизации законодательства государств — членов Союза в указанной сфере 16 февраля 2021 г. заключено Соглашение о принципах и подходах осуществления государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов Евразийского экономического союза (далее — Соглашение). В соответствии с Соглашением государственный контроль (надзор) осуществляется на основе анализа и прогнозирования исполнения требований ТР ТС / ЕАЭС и принятия мер по предупреждению, выявлению, пресечению обращения на территориях государств-членов продукции, не соответствующей требованиям технических регламентов, и (или) устранению негативных последствий нарушения таких требований посредством проведения мероприятий по государственному контролю (надзору), предусмотренных законодательством государств-членов.

В качестве одной из мер в отношении опасной продукции в соответствии с Соглашением законодательно закреплено приостановление или прекращение действия (признание недействительными) документов об оценке соответствия. Информация о продукции, запрещенной к ввозу и (или) обращению на территории Республики Беларусь, документах об оценке соответствия продукции требованиям ТР ТС/ЕАЭС, действие которых прекращено (приостановлено) на территории

Республики Беларусь, отражается в Едином реестре выданных сертификатов соответствия и зарегистрированных деклараций о соответствии [3] и онлайн-ресурсе «Опасная продукция».

В рамках государственного контроля (надзора) за соблюдением требований ТР ТС / ЕАЭС применяются правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, содержащиеся в стандартах или иных документах, включенных в перечни международных и региональных (межгосударственных) стандартов, а в случае их отсутствия — национальных (государственных) стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований соответствующих ТР ТС / ЕАЭС, утверждаемые Евразийской экономической комиссией. Органы государственного контроля (надзора) вправе привлекать к проведению мероприятий по государственному контролю (надзору) экспертов и/или экспертные организации. Исследования (испытания) и измерения в рамках государственного контроля (надзора) проводятся в аккредитованных испытательных лабораториях (центрах).

Те же принципы и требования заложены в нормативных актах Республики Беларусь, регулирующих надзорную (контрольную) деятельность за обрабатываемой на рынке продукцией.

Например, Указом № 510 [1] установлена норма, что контролирующие (надзорные) органы и проверяющие в пределах своей компетенции вправе проводить в порядке, установленном Советом Министров Республики Беларусь и (или) нормативными правовыми актами Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь, отбор проб и образцов продукции и направлять их в аккредитованные испытательные центры (лаборатории) для определения ее соответствия обязательным для соблюдения требованиям технических нормативных правовых актов.

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены» (далее — Центр) аккредитовано на соответствие ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» и в рамках области аккредитации активно сотрудничает с государственными органами (организациями), осуществляющими государственный контроль (надзор), в том числе санитарный, для недопущения оборота на рынке небезопасной продукции.

Центр включен в:

- Единый реестр органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) Союза;
- Единый реестр уполномоченных организаций Союза, осуществляющих проведение исследований (испытаний) медицинских изделий в целях их регистрации.

Область аккредитации Центра, наиболее обширная и детализированная в Республике Беларусь, включает в рамках:

- национального законодательства — 61 объект испытаний и 2804 показателя;
- законодательства Союза 24 ТР ТС / ЕАЭС — Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утвержденные Решением Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299.

В аккредитованной деятельности Центра применяется более 1900 методик (методов) исследований (испытаний) и измерений.

Центр проводит органолептические, химические, бактериологические, физические, микробиологические, токсикологические, биохимические, радиометрические исследования (испытания) и измерения пищевой и парфюмерно-косметической продукции, биологически активных и пищевых добавок, полимерных и строительных материалов, товаров народного потребления, изделий медицинского назначения и медицинской техники, лекарственных средств, отходов производств, химической продукции, средств защиты растений (пестицидов), агрохимикатов, сырья, новых видов продукции, объектов и факторов среды обитания человека в рамках области аккредитации.

Испытания проводятся на соответствие требованиям законодательства Республики Беларусь и Союза, международного законодательства, в том числе для целей государственной регистрации, сертификации, декларирования, производственного контроля.

В Центре выполняются эксклюзивные испытания и исследования:

- аминокислотного состава, индивидуальных сахаров, лактулозы, витаминов (А, Е, Д3, К, В1, В2, В6, В12), холина, биотина, олигосахаров, фикотоксенов, синтетических красителей (17 наименований), диоксинов, нитрозаминов, глютаминовой кислоты, натамицина в пищевой продукции;
- туйона в алкогольной и безалкогольной продукции;
- парабенов (консервантов) в пищевой и косметической продукции;
- нетабачных никотиносодержащих изделий орального способа потребления, никотиносодержащих жидкостей для электронных систем курения, электронных систем доставки нико-

тина, электронных систем курения с жидкостями для них, конструктивно входящими в состав таких систем, по всем показателям безопасности, установленным национальным законодательством.

Также в Центре выполняются эксклюзивные для Республики Беларусь работы:

— токсиколого-гигиеническая оценка действующих веществ и препаративных форм средств защиты растений, регуляторов роста и агрохимикатов, включая изучение отдаленных последствий, мутагенного, тератогенного действия, для государственной регистрации, в том числе методами OECD (ОЭСР);

— изучение экотоксичности отходов, включая медицинские отходы, с оценкой влияния на почвенно-водные организмы (*Tetrahymena pyriformis*, острый, подострый и хронический эксперимент), высшие растения (фитотоксичность), гидробионты (*L. stagnali*), с установлением класса токсичности и опасности отходов;

— токсикологическая оценка медицинских изделий, включая цитотоксичность, генотоксичность, пирогенность, гемосовместимость, в том числе по ISO 10993;

— токсикологическая оценка дезинфицирующих, дезинсекционных и дератизационных средств; химико-аналитические испытания содержания в дезинфицирующих средствах активно действующих веществ и воспроизводимость методики их определения;

— контроль стерильности, микробиологическая чистота лекарственных средств и фармацевтических субстанций, разработка методик определения примесей;

— экспертиза специализированной продукции (биологически активные добавки, спортивное питание и др.), пищевой продукции, содержащей биологически активные компоненты и пищевые добавки, включая ее маркировку, подтверждение заявленных свойств.

Центр единственный в СНГ аккредитован на проведение испытаний масок медицинских по всем показателям безопасности.

В рамках взаимодействия Центра с органами, осуществляющими государственный надзор (контроль) за продукцией, в том числе центрами гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья Министерства здравоохранения Республики Беларусь и Инспекциями Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь, в период 2021 г. — I полугодие 2023 г. было исследовано 262 образца продукции отечественного и зарубежного производства, включая никотиносодержащую продукцию (6 образцов), детские игрушки (25 образцов), парфюмерно-косметическую продукцию (29 образцов), кондитерские изделия (117 образцов), биологически активные добавки (3 образца), пищевые концентраты (7 образцов), напитки безалкогольные (14 образцов), масложировую (2 образца), молочную (2 образца), плодоовощную (21 образец), арахис (6 образцов), жевательные резинки (7 образцов), рыбную продукцию (9 образцов), чай (1 образец), специи (2 образца), воду питьевую (5 образцов), соусы (6 образцов).

Результаты исследований образцов продукции по показателям безопасности в период 2021 г. — I полугодие 2023 г. представлены на рисунках 1 и 2.

Анализ полученных результатов показал, что удельный вес продукции, не соответствующей требованиям нормативных документов, составил 21,37 % от исследованной. Из них наиболее часто фиксировались несоответствия установленным требованиям следующей продукции по показателям безопасности:

— игрушки детские — по миграции фенола и формальдегида в модельные среды и запах;

— кондитерские изделия — по содержанию синтетических красителей, таких как тартразин (E102), понсо 4R (E124), желтый солнечный закат (E110), азорубин (E122), красный очаровательный (E129), синий блестящий FCF (E133), консерванта бензойная кислота (E210).

Отдельной группой исследуемой в Центре продукции, обращаемой на рынке, являются изделия медицинского назначения и дезинфицирующие средства, применяемые как лечебными организациями, так и населением.

Центром в период 2022–2023 гг. выборочно были исследованы образцы отечественного и зарубежного производства:

— масок медицинских, зарегистрированных в Государственном реестре изделий медицинского назначения и медицинской техники Республики Беларусь, по следующим показателям, отражающим их безопасность и эффективность: дифференциальное давление, эффективность бактериальной фильтрации, эффективность фильтрации твердых латексных частиц (эквивалентной вирусной фильтрации), давление сопротивляемости брызгам (брызгоустойчивость);

— дезинфицирующих средств, зарегистрированных и находящихся в обращении на территории Республики Беларусь, по содержанию активно действующих веществ и их микробиологической эффективности.

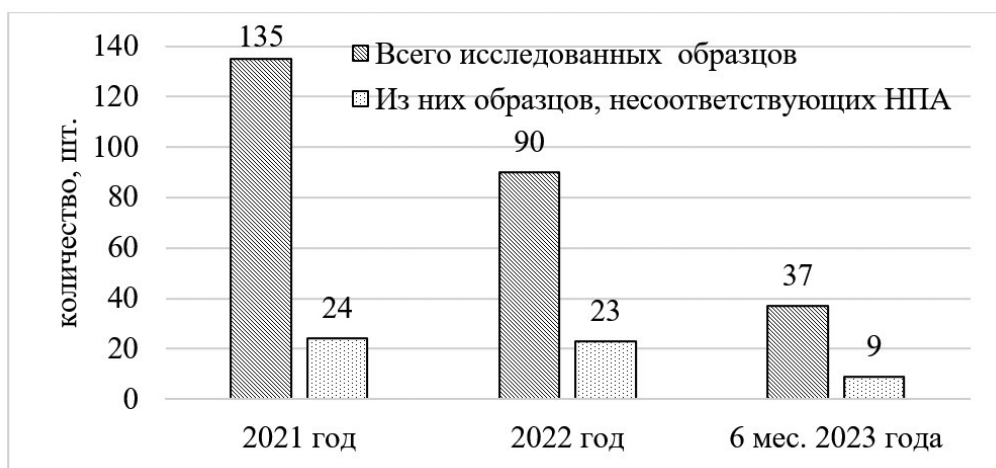


Рисунок 1 – Количество образцов продукции, исследованных по показателям безопасности в период 2021 г. – I полугодие 2023 г.

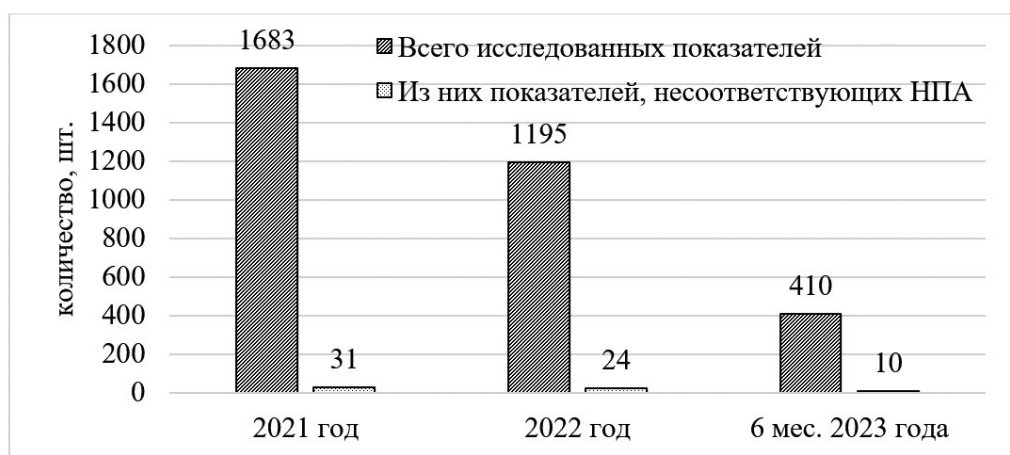


Рисунок 2 – Количество исследованных показателей безопасности в период 2021 г. – I полугодие 2023 г.

По результатам исследований масок медицинских значительное количество (75 %) образцов не соответствовали требованиям [4], из них 63 % – по показателю «эффективность бактериальной фильтрации», 12 % – по показателю «дифференциальное давление» (рисунок 3).

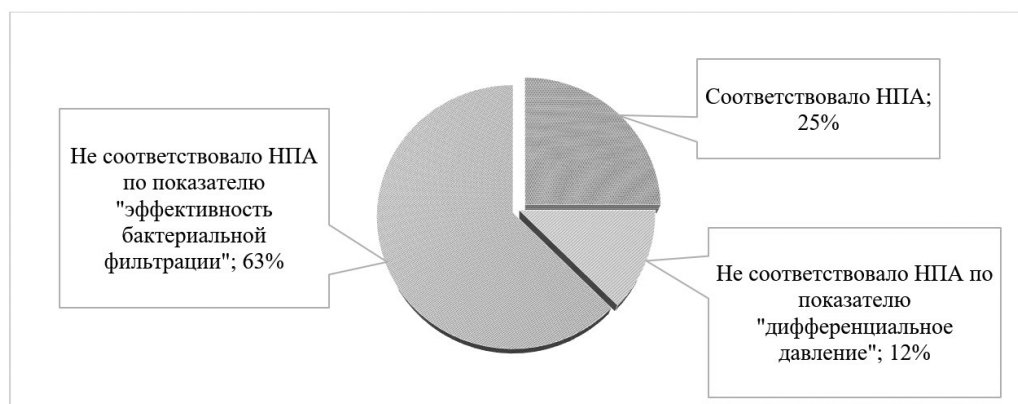
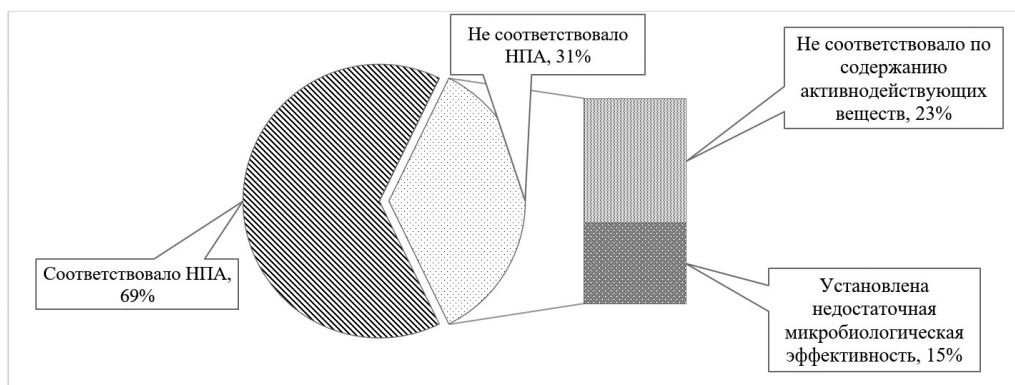


Рисунок 3 – Результаты исследований образцов масок медицинских по показателям безопасности и эффективности



**Рисунок 4 — Результаты испытаний образцов дезинфицирующих средств**

Из исследованных образцов дезинфицирующих средств по санитарно-химическим показателям не соответствовали заявленным требованиям 31 %, из них по содержанию активно действующих веществ — 23 %, в 15 % образцов установлена недостаточная микробиологическая эффективность (рисунок 4).

Полученные результаты испытаний свидетельствуют о необходимости:

- привлечения аккредитованных испытательных лабораторий с целью проведения испытаний по показателям безопасности и эффективности обрабатываемой на рынке продукции для оказания содействия в проведении контрольных (надзорных) мероприятий;
- принятия согласованных мер, направленных на предупреждение ввоза и выпуска в обращение опасной для здоровья человека продукции; выработки единых позиций в отношении исполнения требований законодательства;
- применения риск-ориентированного подхода для осуществления контрольных (надзорных) мероприятий, в том числе пострегистрационного мониторинга за изделиями медицинского назначения, дезинфицирующими средствами и иной продукцией, представляющей потенциальную опасность для жизни и здоровья населения, иных объектов надзора, а также при подготовке планов лабораторного контроля.

## Литература

1. О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь [Электронный ресурс] : Указ Президента Республики Беларусь 16 октября 2009 г. № 510. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P30900510>. — Дата доступа: 22.09.2023.
2. Министр ЕЭК Виктор Назаренко обсудил с белорусским бизнесом основные направления развития техрегулирования [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://eec.eaeunion.org/news/ministr-EEK-viktor-nazarenko-obsudil-s-belorusskim-biznesom-osnovnye-napravleniya-razvitiya-tekhregu/>. — Дата доступа: 22.09.2023.
3. Буга, Д. М. Приостановление, возобновление и отмена (прекращение) действия сертификатов как документов об оценке соответствия [Электронный ресурс] / Д. М. Буга // Национальный правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. — Режим доступа: <https://pravo.by/novosti/analitika/2021/july/65380/>. — Дата доступа: 22.09.2023.
4. Показатели безопасности и безвредности для здоровья человека изделий медицинского назначения, медицинской техники и материалов, применяемых для их изготовления [Электронный ресурс]: гигиен. норматив : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 25 января 2021 г. № 37 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2023.

Поступила 12.10.2023



## Раздел 8

# ПРАКТИКА ГИГИЕНЫ И ТОКСИКОЛОГИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ. ТЕЗИСЫ

### ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВЛИЯНИЯ ЛАКТОФЕРРИНА НА СИСТЕМУ КОФЕРМЕНТА А, АССОЦИИРОВАННУЮ С БИОСИНТЕЗОМ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ БЕЛКОВ У АЛКОГОЛИЗИРОВАННЫХ ЖИВОТНЫХ

*Гуринович В.А., к. б. н., gurinovich@ibiochemistry.by,*

*Титко О.В.,*

*Катковская И.Н.,*

*Канунникова Н.П., д. б. н., профессор,*

*Мойсеёнок А.Г., д. б. н., профессор, член-корреспондент НАН Беларуси*

Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Институт биохимии биологически активных соединений Национальной академии наук Беларуси», г. Гродно, Республика Беларусь

В ранних исследованиях авторов и ряда зарубежных исследователей продемонстрирована роль пантотеновой кислоты (далее — ПК) — предшественника биосинтеза кофермента А (далее — CoA) в биосинтезе гема. Драматическое и противоположное изменение CoA и кобамидного кофермента при пищевой недостаточности ПК (витамин B5) или витамина B12 традиционно связывалось с альтернативной стабилизацией сукцинил-CoA (ключевого предшественника биосинтеза гема) в альфа-кетоглутаратдегидрогеназной или метилмалонил-CoA-мутазной реакции. Недавнее открытие и интенсивное изучение железосерных кластеров (далее — ЖСК), белковых компонентов дыхательной цепи митохондрий и ряда ферментов открывают новые возможности открытия метаболических связей между внутримитохондриальными процессами биосинтеза CoA и биогенеза ЖСК и гема, а также поддержанием гомеостаза железа и железосодержащих белков.

Эта связь может проявиться особо рельефно при алкогольной интоксикации, которая сопровождается дисфункцией системы CoA, в том числе ацил-CoA, а также изменениями энергетического метаболизма и развитием окислительного стресса. В этой ситуации маркерами патобиохимических нарушений могут быть показатели системы CoA, включая тиольные и дисульфидные формы, ацетил-CoA, а также активность аконитазы (содержащей в структуре ЖСК) и каталазы (содержащей в структуре гем и являющейся компонентом ферментативного звена антиоксидантной защиты). Коррекция этих показателей в центральной нервной системе (далее — ЦНС) под воздействием предшественника CoA — D-пантенола или железосвязывающего и Fe-транспортирующего белка лактоферрина представляет актуальную задачу.

Проведен эксперимент на половозрелых крысах-самках, находящихся на полноценном рационе вивария, включающем наноформы железа, цинка, селена. Отдельным группам животных (n = 8) внутрижелудочно ежедневно 2 раза в сутки вводили этанол (30 %, 5 г/кг) в течение 5 дней, моделируя субхроническую алкогольную интоксикацию, а также на фоне этанола назначали D-пантенол (200 мг/кг) или лактоферрин (100 мг/кг). Животных выводили из эксперимента на следующий день после последнего введения этанола и препаратов, извлекали головной мозг и немедленно замораживали в жидком азоте для последующих биохимических исследований. Хлорнокислые экстракты головного мозга после центрифугирования при 16 000 g и нейтрализации до pH 6–7 использовали непосредственно для высокоэффективной жидкостной хроматографии (далее — ВЭЖХ) либо обрабатывали дополнительно дитиотреитолом в течение 1 ч, удаляли перхлорат калия и фильтровали через фильтр 0,45 мкм для хроматографии. ВЭЖХ-анализ фракций CoA и ацетил-CoA проводили на приборе Agilent 1260 Infinity II на колонке Poroshell 120 EC-18 (2,1 × 150 мм). Использовали подвижную фазу (натрий-фосфатный буфер/ацетонитрил) и градиентное элюирование с регистрацией пиков на диодно-матричном детекторе (260 нм). Активность аконитазы и каталазы исследовали апробированными методами, описанными в ранних публикациях (Титко О.В. и др., 2021).

Исследование основных фракций кофермента А выявило их относительную стабильность (суммарный показатель) как относительно интактного контроля, так и по сравнению с группой с назначением только наночастиц. Выявлено снижение суммарного показателя CoA + дисульфида CoA при назначении лактоферрина. Фракция свободного CoA возростала при назначении D-пантенола с одновременным падением фракций дисульфидов. При стабильности уровня ацетил-CoA наблюдалось увеличение соотношения ацетил-CoA/CoASH, которое предупреждалось назначением D-пантенола. Активность аконитазы у животных с субхронической алкогольной интоксикацией существенно снижалась, и это снижение предупреждалось назначением лактоферрина, но не D-пантенола. Активность каталазы имела тенденцию к увеличению при алкоголизации, что достоверно предупреждалось назначением лактоферрина.

Полученные результаты указывают на реакцию железосодержащих белков в ЦНС в ответ на субхроническую интоксикацию алкоголем, сопряженную с дисбалансом системы CoA (рост соотношения ацетил-CoA/CoASH от  $0,29 \pm 0,02$  до  $0,34 \pm 0,01$ ), и предупреждение этого сдвига D-пантенолом, но не лактоферрином. Напротив, эффект лактоферрина на активность каталазы и аконитазы был отчетливо выражен. Предполагается, что модуляция железосодержащих белков в ЦНС при алкогольной интоксикации может быть реализована сочетанным применением модуляторов митохондриального железа и предшественников биосинтеза кофермента А.

Поступила 19.09.2023

## **НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ ПОДПРОГРАММЫ «БЕЗОПАСНОСТЬ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА», РАЗРАБОТАННАЯ ПО ЗАВЕРШЕННЫМ В ЧАСТИ НИР ЗАДАНИЯМ В 2021–2022 ГГ.**

*Дроздова Е.В., к.м.н., доцент, drozdovae@mail.ru,*

*Ивко Н.А., к.б.н., ontp@rspch.by,*

*Буневич Н.В., к.х.н., rspch@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

По результатам завершенных в 2021–2022 гг. научно-исследовательских работ, выполняемых в рамках 33 заданий подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 годы (далее — подпрограмма), разработано 48 инструктивно-методических документов, среди которых 33 инструкции по применению, 2 инструкции, 12 аттестованных методик измерений, 1 информационная база данных. Вся указанная научно-техническая продукция содержит в своем составе новшества (методы оказания медицинской помощи либо методики измерений) и охватывает все направления профилактической медицины.

Так, в области гигиены среды обитания и оценки рисков здоровью подготовлено 16 новшеств, включенных в 11 инструкций по применению, 4 аттестованные методики измерений, 1 база данных по направлениям оценки рисков здоровью и атмосферного воздуха (4) и рабочей зоны (1), воды питьевой (4), физических факторов (5), строительных отделочных материалов (1), опасных свойств химической продукции и химической безопасности (1).

В области гигиены питания разработано 12 новшеств, включенных в 5 инструкций по применению, 1 инструкцию, 4 аттестованные методики измерения.

В области радиационной безопасности — 4 новшества, включенные в 3 инструкции по применению и 1 инструкцию.

В области гигиены труда и профпатологии — 3 новшества, включенные в 3 инструкции по применению.

В области гигиены детей и подростков — 2 новшества, содержащихся в 2 инструкциях по применению.

В области профилактической, экологической и промышленной токсикологии — 7 новшеств, включенных в 6 инструкций по применению и 1 аттестованную методику измерений.

В области санитарной микробиологии и исследований вытяжек из продукции — 4 и 1 новшества соответственно, содержащиеся в 2 инструкциях по применению и 2 аттестованных методиках измерений.

Краткая информация обо всех разработках размещена на официальном сайте государственного предприятия «НПЦГ» (сайт [rspch.by](http://rspch.by)) в разделе «Научная деятельность» — «Виртуальная выставка научных разработок» (обо всех разработках в презентации 2023 г. «Инновационная научно-техническая продукция государственного предприятия «НПЦГ»: новые разработки и перспективы (2021–2025 годы)) и «Разработанные ТНПА и НТД»; полные тексты инструкций по применению представлены на сайте ГУ «Республиканская научная медицинская библиотека» — научная полнотекстовая база данных «Современные методы оказания медицинской помощи (диагностики, лечения и медицинской профилактики заболеваний, медицинской реабилитации пациентов, протезирования)» (сайт [med.by](http://med.by)).

В целом необходимо отметить, что все разработанные новшества доведены до стадии практического применения и задействованы в научно-технической продукции, которая относится к группе «Прочие» (ТНПА, рекомендации, методики и др.) (приложение 1 к приказу Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь от 19.07.2019 № 212), основываются на новейших достижениях и результатах, полученных при выполнении заданий подпрограммы, соответствуют требованиям экологической безопасности и международных стандартов, по своим технико-экономическим показателям и характеристикам соответствуют лучшим мировым аналогам либо превышают их, являются конкурентоспособными, относятся к пятому технологическому укладу (прогрессивному высокому уровню укладу, характеризующемуся переходом к высоким технологиям) и являются инновационной продукцией (новая или существенно улучшенная по своим характеристикам по сравнению с ранее выпускавшейся продукцией в части ее свойств или способов использования и внедренная в производство).

Поступила 12.09.2023

## **ДОВЕДЕНИЕ ДО ПОТРЕБИТЕЛЕЙ РАЗРАБОТАННОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ КАК ВАЖНЫЙ ЭТАП ВНЕДРЕНИЯ В ПРАКТИКУ**

*Ивко Н. А., к. б. н., [ontp@rspch.by](mailto:ontp@rspch.by),  
Буневич Н. В., к. х. н., [rspch.@rspch.by](mailto:rspch.@rspch.by)*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Доведение результатов научно-технической деятельности до практического использования — одна из важнейших задач, в том числе и в нашей стране. Такая задача сформулирована в Указе Президента Республики Беларусь от 04.02.2013 № 59 «О коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности, созданных за счет государственных средств» (далее — Указ № 59) и в других законодательных актах (например, Государственной программе инновационного развития, Законе об основных направлениях внутренней и внешней политики Республики Беларусь).

В соответствии с требованиями Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь (далее — ГКНТ РБ) задания, входящие в состав государственной научно-технической программы, выполняются в несколько этапов: этап выполнения научно-исследовательской работы (как правило, 3 года), этап освоения (как правило, 2 года) результатов научно-технической деятельности (приложение 7 к приказу ГКНТ РБ от 18.07.2019 № 208).

В 2021 г. успешно завершены научно-исследовательские работы (далее — НИР), выполняемые в рамках 22 заданий подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 годы (далее — подпрограмма). Результаты научно-технической деятельности в течение трехлетнего этапа выполнения НИР были рассмотрены на заседаниях Ученого совета (Научно-технического совета) организаций — исполнителей заданий и на заседаниях экспертной комиссии Ученого медицинского совета Министерства здравоохранения Республики Беларусь (далее — МЗ РБ) по проблемам гигиены, эпидемиологии и микробиологии и положительно оценены.

В 2023 г. завершается освоение научно-технической продукции (далее — НТП), разработанной в рамках указанных заданий подпрограммы: 34 разработок, в том числе 24 инструкций по применению, 10 аттестованных методик измерения.

В соответствии с условиями и способами обязательной коммерциализации, которые были определены в договоре на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, финансируемых полностью или частично за счет государственных средств, подпрограммы с Государственным заказчиком (МЗ РБ), согласно Указу № 59, и примерной формой договора, утвержденной постановлением ГКНТ РБ от 03.09.2018 № 25, с потенциальными организациями-потребителями заключались Договоры о предоставлении права использования результатов научной и научно-технической деятельности (далее — Договор). При этом организациями — потребителями НТП определены организации МЗ РБ, осуществляющие государственный санитарный надзор, и некоторые учреждения образования. Договоры были направлены с учтенными копиями конечной НТП.

Так, больше всего разработок предоставлено в ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» — 26 разработок по направлениям: гигиена среды обитания и оценки рисков здоровью (11), гигиена питания (3), гигиена детей и подростков (1), гигиена труда и профпатология (3), профилактическая токсикология (4), радиационная безопасность (2), санитарная микробиология (2).

В ГУ «Витебский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» и УЗ «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» направлено по 20 разработок: в области гигиены среды обитания и оценки рисков здоровью (по 13), гигиены питания (по 2), гигиены детей и подростков (по 1), гигиены труда и профпатологии (по 1), санитарной микробиологии (по 2) и исследования вытяжек из продукции (по 1).

22 разработки по направлениям: гигиена среды обитания и оценки рисков здоровью (12), гигиена питания (3), гигиена детей и подростков (2), профилактическая токсикология (2), санитарная микробиология (2) и исследования вытяжек из продукции (1) доведены до ГУ «Гомельский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья».

В ГУ «Брестский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» и ГУ «Гродненский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» предоставлено по 23 разработки в области гигиены среды обитания и оценки рисков здоровью (по 13), гигиены питания (по 2), гигиены детей и подростков (1 и 2 соответственно), гигиены труда и профпатологии (2 и 1 соответственно), профилактической токсикологии (2, в Бресте), радиационной безопасности (2, в Гродно), санитарной микробиологии (по 2) и в части исследований вытяжек из продукции (по 1).

24 разработки направлены в ГУ «Минский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»: в области гигиены среды обитания и оценки рисков здоровью (13), гигиены питания (3), гигиены детей и подростков (2), гигиены труда и профпатологии (3), санитарной микробиологии (2) и касающихся исследований вытяжек из продукции (1).

В ГУ «Минский городской центр гигиены и эпидемиологии» предоставлено 17 разработок по направлениям: гигиена среды обитания и оценки рисков здоровью (8), гигиена питания (2), гигиена детей и подростков (2), гигиена труда и профпатологии (2), санитарная микробиология (2) и исследования вытяжек из продукции (1).

10 разработок направлены в УО «Белорусский государственный медицинский университет» по направлениям: гигиена среды обитания и оценки рисков здоровью (5), гигиена питания (2), гигиена труда и профпатология (1), профилактическая токсикология (2) для последующего их использования на кафедрах общей гигиены, гигиены детей и подростков, гигиены труда в образовательном процессе для студентов 6 курса медико-профилактического факультета с целью повышения уровня теоретической подготовки студентов.

Большое количество разработок направлено в ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования» — 22 разработки: в области гигиены среды обитания и оценки рисков здоровью (12), гигиены питания (5), гигиены детей и подростков (2), гигиены труда и профпатологии (1), профилактической токсикологии (2). Разработки могут быть использованы на курсах повышения квалификации слушателей (для главных врачей центров гигиены и эпидемиологии (далее — ЦГЭ), заместителей главных врачей ЦГЭ, врачей-гигиенистов ЦГЭ, специалистов ЦГЭ с высшим образованием (биологов, экологов, химиков), научных работников, преподавателей) в основном на кафедре гигиены и медицинской экологии, а также на кафедре пульмонологии и фтизиатрии с курсом аллергологии, иммунологии и профпатологии, для повышения уровня теоретических и практических знаний слушателей, осуществляющих государственный санитарный надзор.

Таким образом, новыми разработками, полученными в результате завершения в 2021 г. НИР по 22 заданиям подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 годы, были обеспечены все

регионы республики с целью ознакомления и последующего их внедрения в деятельность организаций, осуществляющих государственный санитарный надзор, и учреждений образования, имеющих кафедры по подготовке, переподготовке и повышению квалификации специалистов с высшим образованием в области гигиены и профилактической медицины. Широкая сфера применения конечной НТП, охватывающая основные направления гигиены, токсикологию и санитарную и аналитическую химию, и широта охвата организаций, осуществляющих государственный санитарный надзор, в последующем могут привести к повышению информированности специалистов санслужбы о новых методах оказания медицинской помощи, повышению качества их работы и обеспечат в перспективе достижение целевых показателей и социального эффекта подпрограммы в целом.

Поступила 02.10.2023

**РЕЗОЛЮЦИЯ**  
**Международной научно-практической конференции**  
**«Здоровье и окружающая среда»,**  
**23–24 ноября 2023 г.**

Международная научно-практическая конференция «Здоровье и окружающая среда» состоялась 23–24 ноября 2023 г. в соответствии с приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.10.2023 № 1567. В работе конференции приняли участие более 500 представителей из Республики Беларусь, Российской Федерации, Республики Казахстан, Латвии, Венгрии, Сербии, Германии, Швейцарии. Проведены 8 секционных заседаний, конкурс работ молодых ученых и круглый стол «Безопасная больничная среда — вопросы санитарно-эпидемиологического благополучия».

Обсуждаемые на конференции вопросы соответствуют основным направлениям деятельности Министерства здравоохранения Республики Беларусь в области гигиены, профилактической токсикологии и клинической профпатологии. Заслушаны и обсуждены более 300 докладов на пленарных и секционных заседаниях, постерных сессиях, которые отражали совокупность современных научных исследований и их результатов.

Основные направления работы конференции: факторы среды обитания человека и анализ рисков здоровью; радиационная безопасность; медицина труда и профессиональная патология; гигиена детей и подростков; гигиена питания; профилактическая, экологическая и промышленная токсикология; мониторинг факторов среды обитания человека и методы аналитического лабораторного контроля; практика проведения метрологической аттестации методик (методов) измерений; безопасная больничная среда — вопросы санитарно-эпидемиологического благополучия; хронические неинфекционные заболевания (далее — ХНИЗ): эпидемиология, факторы риска, стратегии профилактики.

В соответствии с положениями резолюции международной научно-практической конференции «Здоровье и окружающая среда», посвященной 95-летию республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» (далее — НПЦ гигиены), которая состоялась 24–25 ноября 2022 г., продолжены научные исследования по следующим направлениям.

*1. Совершенствование гигиенических критериев оценки воздействия факторов среды обитания человека на основании комплекса экспериментальных, натурных и эпидемиологических исследований и анализа риска с целью профилактики неинфекционных заболеваний, а также обеспечения социально-гигиенического мониторинга:*

научное обоснование метода оценки риска здоровью населения от комбинированного воздействия химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух в период неблагоприятных метеорологических условий рассеивания выбросов, включающее формирование перечня метеорологических показателей, определяющих условия рассеивания производственных выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на территориях жилой застройки в зонах воздействия производственных объектов;

разработка метода оценки риска здоровью при питьевом и рекреационном водопользовании, ассоциированного с цветением водорослей в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования;

научное обоснование и разработка метода гигиенического нормирования запаха в атмосферном воздухе территорий населенных пунктов с определением критериев выбора территорий, нуждающихся в оценке и контроле запаха в атмосферном воздухе территорий населенных пунктов в зонах воздействия объектов, технологический процесс которых обуславливает выбросы как изолированных веществ, так и веществ, формирующих смеси, обладающие специфическим запахом;

научное обоснование и разработка метода оценки формирования дополнительных случаев заболеваемости и смертности населения от загрязнения воздуха жилых помещений, атмосферного воздуха населенных пунктов и питьевой воды для оценки базовой ситуации и мониторинга достижения Целей в области устойчивого развития по окружающей среде и здоровью;

разработка метода гигиенической оценки транспортного шума на границах населенных пунктов при эксплуатации железнодорожных путей и автомобильных дорог общего пользования в рамках реализации системы социально-гигиенического мониторинга шумового воздействия на территории республики;

обоснование и разработка гигиенических подходов к оптимизации школьного питания;

гигиеническая оценка информации, выносимой на лицевую сторону упаковки пищевой продукции, как фактора профилактики нарушения структуры питания, в том числе информированного

выбора потребителей в части ограничения потребления пищевой продукции с высоким содержанием соли, сахара, жира;

разработка алгоритма оценки потенциального влияния на здоровье отдельных групп пищевой продукции нового вида и обоснование качественных критериев оценки ингредиентного состава пищевой продукции нового вида в зависимости от потенциального влияния на здоровье;

проведение адаптации методов изучения фактического питания населения с использованием современных цифровых технологий;

изучение эффективности метода формирования приоритета ценности здорового образа жизни у населения в различных возрастных и социальных группах;

завершены научные исследования по следующим направлениям:

выполнено моделирование и разработаны методики с оптическим и импедиметрическим принципами детекции для количественной оценки антимикробного потенциала нетканых полимерных материалов, модифицированных органическими и полимер-неорганическими покрытиями, в условиях *in vitro*;

проведен количественный анализ антимикробной активности гидролизатов белков молока и их наноконплексов с циклодекстринами;

проведен сравнительный анализ уровней миграции изучаемых химических веществ в вытяжки, полученные с применением моделирования, регламентированного в Республике Беларусь и Европейском союзе;

разработан и обоснован метод гигиенической оценки упаковки и материалов, контактирующих с пищевой продукцией;

разработан метод гигиенической оценки упаковки и материалов, контактирующих с пищевой продукцией, включая биоразлагаемые;

на основании изучения миграции токсичных элементов и веществ из пилотных белорусских полилактидных биоразлагаемых упаковочных материалов в модельные среды, имитирующие пищевую продукцию, установлены оптимальные сферы их применения.

*2. Разработка методов и тест-моделей для выявления направленности, количественной оценки, экспериментального моделирования биологического действия факторов среды обитания человека различной природы, в том числе с использованием биомаркеров воздействия и эффекта, обеспечивающих их гигиеническое регламентирование и лабораторный контроль:*

разработка проекта межгосударственного стандарта ГОСТ «Материалы различного состава. Методы определения уровней миграции хлорбензола, выделяемого из изделий из поликарбоната, в водную и воздушную среды»;

разработка метрологически аттестованных методик измерений:

— консервантов дифенила и ортофенилфенола в пищевой продукции;

— фармацевтической субстанции дифенгидрамина гидрохлорид в воздухе рабочей зоны предприятий фармацевтической промышленности;

— нитрила акриловой кислоты, метилметакрилата и метилакрилата в воздухе рабочей зоны промышленных предприятий;

— туйона в табачных изделиях;

— токсичных и эссенциальных элементов в биологически активных добавках к пище (далее — БАД) и специализированной пищевой продукции для детей раннего возраста на молочной основе (далее — СПП);

— общей вибрации в условиях проживания населения;

разработаны новые метрологически аттестованные методики измерений:

— 15 токсичных элементов в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию и контактирующих с упаковкой и упаковочными материалами, в том числе биоразлагаемыми;

— натамицина в поверхностном слое колбасных изделий методом высокоэффективной жидкостной хроматографии;

— туйона в алкогольных и безалкогольных напитках методом газожидкостной хроматографии с пламенно-ионизационным детектированием;

— фармацевтической субстанции азитромицина в атмосферном воздухе спектрофотометрическим методом;

— винилацетата в водных и воздушной средах из товаров народного потребления, изготовленных из текстильных материалов и полимеров на основе винилацетата, газохроматографическим методом;

— никотина в воде, почве, растительных материалах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

3. *Разработка комплекса мероприятий по профилактике негативного воздействия факторов высокого риска формирования профессиональной и производственно обусловленной патологии, направленных на снижение заболеваемости работающего населения от неинфекционных заболеваний:*

проводится разработка метода управления профессиональным риском здоровью медицинских работников организаций здравоохранения, оказывающих медицинскую помощь в стационарных условиях в период эпидемического подъема заболеваемости респираторными инфекциями;

проводятся исследования по разработке научно обоснованных гигиенических требований к изделиям медицинского назначения для защиты органов дыхания, используемым в организациях здравоохранения;

проводятся научные исследования для разработки метода оценки состояния здоровья работающих на основе анализа заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

разработаны подходы к оценке и управлению профессиональными рисками здоровью медицинских работников при использовании изделий медицинского назначения для защиты органов дыхания.

4. *Научное обоснование и разработка здоровьесберегающих мер по оптимизации среды обитания, в том числе образовательной и жилой среды:*

изучены особенности физического развития детей дошкольного возраста в современных условиях, подтверждающие несоответствие действующей ростовой шкалы антропометрическим показателям современных дошкольников;

изучена суточная двигательная активность современных детей дошкольного возраста с оценкой существующих в учреждениях дошкольного образования условий для удовлетворения биологической потребности дошкольника в движении.

5. *Разработка методов и критериев оценки радиационной защиты персонала и населения при использовании источников ионизирующего излучения и объектов атомной энергии:*

изучены ситуации профессионального облучения от медицинских источников ионизирующего излучения и пациентов в организациях здравоохранения, выполнены исследования для оценки жидких радиоактивных отходов, накапливаемых в учреждении здравоохранения;

проводится оценка доз облучения и рисков для здоровья населения от различных источников ионизирующего излучения;

завершены научные исследования по следующим направлениям:

выполнены исследования по определению доз облучения населения, проживающего в зоне наблюдения, на доэксплуатационном этапе и при эксплуатации Белорусской АЭС, от природных и техногенных источников;

оценены уровни содержания радона в жилых помещениях и питьевой воде;

выполнены исследования и оценка уровней радиоактивного загрязнения пищевых продуктов и питьевой воды в отдаленном периоде после катастрофы на ЧАЭС в Республике Беларусь.

6. *Развитие актуальных направлений профилактической, экологической и промышленной токсикологии и химической безопасности, санитарной микробиологии:*

разработка метода токсиколого-гигиенической оценки эквивалентности технических продуктов пестицидов-дженериков оригинальным действующим веществам;

разработка метода установления пороговых значений потенциально токсичных химических веществ, мигрирующих из медицинских изделий;

на основе результатов лабораторных экспериментов разработан алгоритм проведения смывов с объектов среды технологического окружения пищевых производств для последующего ПЦР-исследования по выявлению патогенов рода *Salmonella* и вида *Listeria monocytogenes*;

оптимизированы параметры моделирования биологических эффектов неравновесной плазмы на репрезентативных полимикробных консорциумах из микроорганизмов родов *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*;

проведены клинично-лабораторные исследования, характеризующие состояние крови до и после инкубации в системе искусственного кровотока человека *in vitro*, установлено воздействие системы на коагуляцию, активацию тромбоцитов, форменные элементы крови и систему комплемента, обоснован перечень критериев оценки гемосовместимости медицинских изделий *in vitro*;

в экспериментах на подобранной и адаптированной модели воспроизведения и выявления сенсibilизации определена степень сенсibilизирующей способности и аллергенной опасности двух фармацевтических субстанций антибактериальных лекарственных средств, разработан перечень параметров изучения и классифицирования их аллергенной активности и опасности;

в модельных экспериментах изучен характер и выраженность дозозависимого дисбиотического действия двух фармацевтических субстанций антибактериальных лекарственных средств при однократном ингаляционном поступлении в организм в снижающихся концентрациях, на основании чего обоснован порог их острого антибактериального действия на организм белых крыс;



на одной экспериментальной модели ингаляционного воздействия в течение месяца на белых крысах двух фармацевтических субстанций антибактериальных лекарственных средств в последовательно снижающихся концентрациях установлена выраженность их дозозависимого токсического, аллергического, иммунотоксического и дисбиотического действия, обоснованы пороги субхронических аллергического и антибактериального эффектов, разработаны перечни параметров их определения и оценки;

разработан метод *in vitro* с использованием хориоаллантамоисной мембраны куриных эмбрионов определения раздражающего действия на слизистые оболочки глаз медицинских изделий в зависимости от их назначения, особенностей и продолжительности контакта с организмом человека, состава и физико-химических свойств применяемых материалов, обеспечивающий объективную, альтернативную оценку ирритативных свойств медицинских изделий без использования лабораторных животных;

изучены особенности биологического действия ультратонких покрытий на основе биополимеров и наночастиц металлов или их оксидов и гидрогелевых покрытий на основе биополимеров, обладающих антимикробной активностью;

начаты научные исследования по формированию институциональной, технологической и организационной основы для развития биомониторинга человека на примере оценки воздействия свинца на население на основании определения биомаркера экспозиции в крови;

начато экспериментальное моделирование «старения» медицинских изделий одноразового применения при различных условиях и режимах хранения, разработана схема экспериментального моделирования «старения» медицинских изделий одноразового применения.

*7. Развитие правовой, нормативной и методической базы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, гармонизация гигиенических требований Таможенного союза, Евразийского экономического сообщества с международными нормативами по медицине труда и охране окружающей среды:* в рамках реализации Декрета Президента Республики Беларусь от 23 ноября 2017 г. № 7 «О развитии предпринимательства» разработан в 2018–2021 гг. и утвержден 31 гигиенический норматив (постановление Совета Министров Республики Беларусь «Об утверждении гигиенических нормативов» от 25.01.2021 № 37); в 2022 г. с учетом правоприменительной практики, на основании результатов научных исследований в указанный документ внесены изменения.

*8. Совершенствование системы подготовки специалистов в области гигиены, токсикологии, санитарной химии и профилактической медицины:* на базе НПЦ гигиены функционирует образовательный центр «МОЦНА» и реализуются образовательные программы повышения квалификации, стажировки, обучающих курсов; осуществляется подготовка в очной и заочной формах получения образования. При подготовке и реализации образовательных программ активно используются собственные научные разработки, полученные в ходе выполнения отраслевых и государственных научных программ, а также результаты международного сотрудничества.

Специалистами НПЦ гигиены успешно реализованы 2 практико-ориентированные программы повышения квалификации: «Организация и проведение санитарно-химических исследований (испытаний) для гигиенической оценки продукции», «Методология анализа риска здоровью населения от воздействия разнородных факторов среды обитания человека».

В 2023 г. на базе НПЦ гигиены проведены 2 стажировки на тему «Гигиеническая оценка питьевых вод, пищевой продукции, загрязняющих веществ в атмосферном воздухе», включенные в курс повышения квалификации «Лабораторно-инструментальные методы в практике ведения государственного санитарного надзора и гигиенического мониторинга», реализуемый Институтом повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения УО «Белорусский государственный медицинский университет». Обучение с использованием материально-технических и кадровых ресурсов НПЦ гигиены прошли 30 специалистов.

Продолжена практика обучения студентов и магистрантов ведущих вузов Республики Беларусь и Российской Федерации по образовательной программе «Основы профилактической токсикологии» (в 2023 г. обучено 29 человек).

Обучение по образовательным программам стажировки способствовало возможности практического освоения выполнения исследований согласно методикам измерений с отработкой практических навыков на соответствующем оборудовании.

Реализация практико-ориентированных образовательных программ в области гигиены, токсикологии и профилактической медицины способствовала повышению уровня профессионализма специалистов системы здравоохранения, обновлению теоретической и практической базы знаний, освоению новых методов решения профессиональных задач.

Таким образом, основные предложения и мероприятия резолюции 2022 г. выполнены.

## РЕШЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ЗДОРОВЬЕ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»

23–24 ноября 2023 г.

Участники конференции констатируют, что в основе развития гигиенической науки Республики Беларусь остаются профилактическая направленность деятельности, разработка и внедрение в практику передовых методов выявления и количественной оценки неблагоприятного действия факторов среды обитания человека, научное обеспечение государственного санитарно-эпидемиологического надзора. Заслушав и обсудив доклады, участники конференции отмечают необходимость продолжить научные исследования по следующим направлениям:

- в области гигиены окружающей среды и оценки рисков:

комплексная оценка загрязнения атмосферного воздуха на основании моделирования рассеивания производственных выбросов и ольфактометрических исследований атмосферного воздуха территорий населенных пунктов, размещенных в зонах воздействия источников выбросов веществ, обладающих запахом;

оценка риска здоровью населения развития неблагоприятных эффектов со стороны организма человека, обусловленного содержанием цианотоксинов в питьевой воде, установление вклада цианотоксинов в формирование риска развития острых (рефлекторных), неспецифических токсических и канцерогенных эффектов со стороны организма человека;

обоснование моделей и проведение моделирования рассеивания производственных выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в период неблагоприятных метеорологических условий для регулируемых источников выбросов;

проведение исследований акустической обстановки на границах населенных пунктов, находящихся в зоне шумового воздействия крупных транспортных магистралей;

разработка алгоритма прогнозирования акустической обстановки в границах населенных пунктов, формируемой автомобильным и железнодорожным транспортом, с учетом данных инструментальных измерений в базовых точках с целью дальнейшего ранжирования территории исследованных населенных пунктов по уровню шумового воздействия;

разработка метода гигиенической оценки транспортного шума на границах населенных пунктов при эксплуатации железнодорожных путей и автомобильных дорог общего пользования, позволяющего получать системные данные шумового загрязнения территорий населенных мест для планирования профилактических мероприятий;

проведение исследований особенностей распространения общей вибрации, формируемой рельсовым транспортом, в помещениях зданий различного назначения;

разработка метрологически аттестованной методики измерений общей вибрации в условиях проживания населения;

- в области промышленной, профилактической и экологической токсикологии:

разработка подходов к профилактике неинфекционных заболеваний, связанных с воздействием химических токсикантов, обладающих способностью нарушать функции эндокринной системы (эндокринных разрушителей);

научное обоснование критериев отбора, оценки и классификации опасности химических веществ, воздействующих на эндокринную систему;

разработка методологии исследований *in silico*, *in vitro*, *ex vivo* и *in vivo* для оценки воздействия химических веществ на эндокринную систему человека и последующей классификации;

разработка метода токсиколого-гигиенической оценки эквивалентности технических продуктов пестицидов-дженериков оригинальным действующим веществам;

разработка и научное обоснование методических подходов по оценке потенциального риска воздействия на работающих при применении средств защиты растений с использованием новых технологий (беспилотных летательных аппаратов);

разработка метода установления пороговых значений потенциально токсичных химических веществ, мигрирующих из медицинских изделий;

широкое использование международного сотрудничества в области обеспечения химической безопасности путем присоединения Республики Беларусь к Роттердамской конвенции по процедуре предварительного обоснованного согласия (PIC) в отношении отдельных опасных химических веществ и пестицидов и выполнения международных обязательств по присоединению Республики Беларусь к Минаматской конвенции;

улучшение информационного обмена между заинтересованными государственными структурами по рациональному регулированию химических веществ, улучшение доступа широкой общественности к информационным данным по опасным химическим веществам;

инициирование программы по присоединению Республики Беларусь к Глобальному альянсу по ликвидации свинца в красках и разработке правовых ограничений по содержанию свинца в красках;

подготовка современных альтернативных методов оценки токсичности *in vitro*, *in silico* для внедрения в практику профилактической токсикологии;

выполнение международного проекта ЮНЕП ООН «Укрепление национального потенциала для внедрения и устойчивой реализации в Республике Беларусь Согласованной на глобальном уровне системы классификации и маркировки химических веществ»;

принятие эффективных мер по поэтапному отказу от использования особо опасных пестицидов в сельском хозяйстве, разработка перечня безопасных и экономически доступных альтернатив;

оптимизация и стандартизация условий подготовки изделий медицинского назначения различных видов и групп, взаимодействующих с кровью, для проведения исследований *in vitro* на тест-модели искусственного кровотока и апробация метода на медицинских изделиях, имеющих краткосрочный, длительный и постоянный контакт с мягкими и костными тканями, кровотоком человека;

проведение серии краткосрочных экспериментальных исследований по моделированию «старения» при различных условиях и режимах хранения медицинских изделий одноразового применения с изучением динамики показателей безопасности и разработка, обоснование перечней режимов и условий для моделирования «старения» медицинских изделий одноразового применения;

разработка и апробирование в модельных экспериментах рациональных методических подходов к обоснованию гигиенических нормативов содержания в воздухе рабочей зоны и атмосферы фармацевтических субстанций антибактериальных лекарственных средств с учетом их специфических аллергических и дисбиотических свойств;

обеспечение по запросу Республиканского центра профпатологии и аллергологии получения из предоставленных образцов промышленной пыли экстрактов, пригодных для использования в качестве тест-аллергенов в иммунодиагностике профессионального генеза аллергопатологии у работников;

разработка и научное обоснование гигиенических нормативов и классов опасности в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе фармацевтических субстанций;

- в области гигиены труда и профпатологии:

разработка метода управления профессиональным риском здоровью медицинских работников организаций здравоохранения, оказывающих медицинскую помощь в стационарных условиях в период эпидемического подъема заболеваемости респираторными инфекциями;

проведение исследований по разработке научно обоснованных гигиенических требований к изделиям медицинского назначения для защиты органов дыхания, используемым в организациях здравоохранения;

разработка метода оценки состояния здоровья работающих на основе анализа заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

- в области гигиены детей и подростков:

научное обоснование критериев оценки соответствия мебели росто-возрастным особенностям воспитанников учреждений дошкольного образования;

разработка метода гигиенической оценки соответствия ученической мебели уровню физического развития современных дошкольников;

мониторинг использования дошкольниками электронных устройств в современных условиях жизнедеятельности;

методическая помощь в работе по гигиеническому воспитанию детей и подростков с целью формирования у них устойчивой мотивации на здоровый образ жизни;

- в области гигиены питания:

продвижение методологии ранжирования (профилирования) пищевых продуктов с целью гигиенической оценки их состава и потенциального влияния на здоровье, создания рационов питания, наиболее соответствующих возрасту, профессиональной деятельности, в том числе для учащихся средних учебных заведений;

усовершенствование методологии гигиенической оценки химического состава типовых и специализированных рационов;

обоснование подходов к гигиенической оценке компонентного состава пищевой продукции нового вида на основе потенциального влияния на здоровье;

обоснование мер регулирования маркетинга пищевой продукции, направленного на детей, как одной из эффективных превентивных мер формирования социально значимых неинфекционных заболеваний, таких как ожирение, сахарный диабет II типа, сердечно-сосудистые заболевания, в происхождении которых ведущая роль принадлежит нарушению структуры питания, в том числе потреблению пищевой продукции с высоким содержанием соли, сахара, жира, включая насыщенные жиры и трансизомеры жирных кислот;

гигиеническая оценка нутритивных (нутригенных) рисков здоровью на основе анализа химического состава репрезентативных рационов;

- *в области радиационной защиты населения и персонала:*

разработка новых методов оценки и моделей расчета доз облучения населения и персонала как от нормальной эксплуатации радиационных объектов, так и в случае радиационной аварии, а также в ситуации существующего облучения;

разработка метода проведения радиационно-гигиенического мониторинга для оценки доз облучения населения от проживания на территориях, загрязненных в результате катастрофы на ЧАЭС;

оценка доз облучения и риска здоровью персонала и населения;

- *в области санитарной химии:*

разработка и метрологическая аттестация новых методик измерений факторов среды обитания человека к требованиям законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения, в том числе требованиям безопасности и безвредности для организма человека: по определению содержания пищевых добавок (консервантов дифенила и ортофенилфенола) и токсичных веществ в пищевой продукции; массовых концентраций дифенгидрамина гидрохлорида в воздухе рабочей зоны предприятий фармацевтической промышленности; нитрила акриловой кислоты, метилметакрилата и метилакрилата в воздухе рабочей зоны; массовой доли туйона ( $\alpha$ - и  $\beta$ -изомеров) в табачной продукции;

установление метрологических характеристик методики измерений массовых концентраций 3 токсичных и 10 эссенциальных элементов в БАД и СПП методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой, апробирование разработанной методики измерений на реальных образцах БАД и СПП;

разработка межгосударственного стандарта ГОСТ «Материалы различного состава. Методы определения уровней миграции хлорбензола, выделяемого из изделий из поликарбоната, в водную и воздушную среды»;

- *в области профилактической медицины и формирования здорового образа жизни у населения:*

совершенствование санитарно-противоэпидемиологических мероприятий, направленных на профилактику ХНИЗ;

разработка алгоритма формирования приверженности к здоровому образу жизни у населения;

работа с населением по изучению роли фактора питания в формировании хронических неинфекционных заболеваний и корректировке нарушения статуса питания и пищевого поведения;

• *в области обеспечения безопасной больничной среды в части вопросов санитарно-эпидемиологического благополучия:*

создание системы непрерывного образования врачей и среднего медицинского персонала в части обеспечения дезинфекции и стерилизации (Институт повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения УО «Белорусский государственный медицинский университет», образовательный центр «МОЦНА» НПЦ гигиены, образовательный центр ГУ «РНПЦ эпидемиологии и микробиологии»);

разработка национальных и локальных нормативных актов для создания системы эпидемиологической безопасности в учреждениях здравоохранения на принципах выявления критических контрольных точек по показателям микробного риска;

совершенствование и разработка современных количественных методов оценки антимикробной активности дезинфицирующих средств на стадии государственной регистрации в отношении не только моногенных музейных культур, но и смешанных природных консорциумов и биопленок;

оценка безопасности и антимикробной эффективности физических факторов, применяемых с целью дезинфекции в учреждениях здравоохранения (ультрафиолетовое облучение, озонирование, низкотемпературная плазма, гласперленовый способ и др.);

- *в области подготовки кадров:*

разработка и внедрение образовательных программ обучающих курсов, стажировок, курсов повышения квалификации специалистов в области гигиены, токсикологии, санитарной химии и профилактической медицины, в том числе по вопросам безопасности пищевых продуктов и рациональному питанию населения;

разработка новых и реализация ранее утвержденных образовательных программ в области токсикологии и безопасности химической продукции с целью повышения осведомленности общественности;

проведение на базе НПЦ гигиены образовательных стажировок в рамках реализации курсов повышения квалификации УО «Белорусский государственный медицинский университет» и Института повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения УО «Белорусский государственный медицинский университет».

Резолюция обсуждена и единогласно одобрена участниками международной научно-практической конференции «Здоровье и окружающая среда» 23–24 ноября 2023 г.

# СОДЕРЖАНИЕ

## Раздел 1

### ФАКТОРЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ. СТАТЬИ

<i>Анискевич О. Р., Александрович В. В., Сопова Л. П.</i> ВЫЯВЛЕНИЕ СЛУЧАЕВ ВИЧ-ИНФЕКЦИИ В КЛИНИЧЕСКИ ПРОДВИНУТОЙ СТАДИИ СРЕДИ ЖИТЕЛЕЙ БАРАНОВИЧСКОГО РЕГИОНА ЗА ПЕРИОД 2013–2022 ГГ. ....	3
<i>Арбузов И. В., Соловьева И. В., Кравцов А. В.</i> СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПОДВЕРГАЮЩЕГОСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ТОКА ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ 50 ГЦ В УСЛОВИЯХ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ .....	5
<i>Волчек В. С.</i> ОСОБЕННОСТИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ СКРИНИНГОВОЙ ПРОГРАММЫ ПО ИХ ВЫЯВЛЕНИЮ В ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ .....	8
<i>Дроздова Е. В., Фираго А. В., Суравец Т. З.</i> ОЦЕНКА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ТОКСИЧНОСТИ ГЕТЕРОСТРУКТУР «ПОЛУПРОВОДНИК В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕ» НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕСТ-МОДЕЛЯХ.....	12
<i>Дроздова Е. В., Фираго А. В., Суравец Т. З.</i> ПОДХОДЫ КОМПЛЕКСНОГО ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ БАРИЯ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ .....	15
<i>Дроздова Е. В., Суравец Т. З., Фираго А. В.</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ ЗДОРОВЬЮ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ФАКТОРОМ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ.....	19
<i>Исаев Д. С., Еремин Г. Б., Кирьянова М. Н., Маркова О. Л., Борисова Д. С.</i> О РЕАЛИЗАЦИИ ПРАВА ДЕТЕЙ НА БЕЗОПАСНУЮ И БЕЗВРЕДНУЮ УПАКОВАННУЮ ПИТЬЕВУЮ ВОДУ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕКЛАМЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ТОРГОВЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ) .....	22
<i>Калюжин А. С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В РАМКАХ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДАНЫХ САНИТАРНО-БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД УЧАСТКА НИЖНЕГО ДОНА .....	26
<i>Лифанова Р. З.</i> ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, СОЗДАВАЕМЫХ БАЗОВЫМИ СТАНЦИЯМИ 2–4 ПОКОЛЕНИЯ СОТОВОЙ СВЯЗИ, НА НЕКОТОРЫЕ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ.....	29

*Малахова В. В., Куцепалова О. В.*

ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ,  
ОБУСЛОВЛЕННАЯ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЖЕЛЕЗА, ЗАГРЯЗНЯЮЩЕГО ПИТЬЕВУЮ ВОДУ  
РАЗВОДЯЩЕЙ СЕТИ КОММУНАЛЬНОГО ВОДОПРОВОДА. ....32

*Мальшева А. Г., Стародубова Н. Ю.*

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ХИМИЧЕСКОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
В ГИГИЕНЕ .....36

*Наумович Л. А., Волосюк И. М., Александрович В. В.*

О КАЧЕСТВЕ И БЕЗОПАСНОСТИ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ  
БАРАНОВИЧСКОГО РАЙОНА. ....39

*Преображенская Е. А., Сухова А. В.*

ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ  
ПОТЕРИ СЛУХА, ВЫЗВАННОЙ ШУМОМ .....43

*Примак Т. Д., Колобов Д. В.*

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ АЭРОИОНОВ  
НА СТАФИЛОКОККИ РОТОГЛОТКИ .....46

*Рузанов Д. Ю., Писарик В. М., Малахова И. В., Семенов А. В.*

ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ И СМЕРТНОСТИ,  
СВЯЗАННЫХ С ПОТРЕБЛЕНИЕМ АЛКОГОЛЯ, В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ. ....49

*Ряшенцева Т. М., Гильденскиольд О. А., Амплеева Г. П., Пивнева О. С., Ширяева М. А.*

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННОГО  
НЕСООТВЕТСТВИЕМ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ПЕРИОД ДЕЙСТВИЯ  
ВРЕМЕННЫХ ОТСТУПЛЕНИЙ .....53

*Савченко О. А., Новикова И. И., Плотникова О. В., Семёнова Е. В., Ступа С. С., Костюк И. И.*

ЗДОРОВЬЕ ФОРМИРУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГИГИЕНИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ  
И ВОСПИТАНИЯ .....56

*Тычинина А. П., Попов А. Н.*

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ГОРНОКЛИМАТИЧЕСКОГО ГОРОДА-КУРОРТА КИСЛОВОДСКА (1993–2023 ГГ.) .....59

*Фурса Ю. В., Гончар К. В., Мелех Д. В.*

ВОЗДЕЙСТВИЕ КОМПОНЕНТОВ СВАЛОЧНОГО ГАЗА НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА  
И СНИЖЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ВЫБРОСОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМ  
ДЕГАЗАЦИИ НА ПОЛИГОНАХ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ .....62

*Харитонова Е. А., Лукьянова Л. А.*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ  
В КОЛЛЕКТИВАХ НА ОСНОВАНИИ ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ  
И ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РИСКА. ....66

*Ширяева М. А.*

ПРОБЛЕМЫ В ИЗУЧЕНИИ МИКРОПЛАСТИКА В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ КАК ФАКТОРА  
НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА .....69

Янковская Н. Г., Коледа А. Г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМАРТФОНОВ МЕДИЦИНСКИМИ РАБОТНИКАМИ  
КАК ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА.....72

## Раздел 1

### ФАКТОРЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ. ТЕЗИСЫ

---

Васильева И. В., Данилова В. В., Щерба Е. В.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ  
ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ВЫХОДЕ  
ИЗ ВОДООЧИСТНЫХ СТАНЦИЙ И ПРИ ПОДАЧЕ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНУЮ СЕТЬ.....76

Гриценко Т. Д., Соколов С. М., Пиезрода А. Е., Соловьев В. В., Карпук Л. И.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОЦЕНКИ НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ  
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ  
В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ .....77

Жабровская А. И., Дудчик Н. В., Емельянова О. А.

КОНТАМИНАЦИЯ *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ  
ПОМЕЩЕНИЙ РАЗНЫХ КЛАССОВ ЧИСТОТЫ В ОРГАНИЗАЦИЯХ  
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ .....78

Калечиц О. М., Глинская Т. Н., Климук Д. А., Бобрукевич Е. Л., Белько А. Ф.

ПРОГНОЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ТУБЕРКУЛЕЗОМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ  
НА БЛИЖАЙШИЕ ГОДЫ.....79

Калинкин Д. Е., Тахауов Р. М., Мильто И. В.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ НАСЕЛЕНИЯ  
ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА ВСЛЕДСТВИЕ СТОЙКОЙ УТРАТЫ  
ТРУДОСПОСОБНОСТИ .....81

Карчевская А. О., Ситдикова И. Д., Пузырев В. Г.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ПРЕССИНГА НА КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО  
ВОЗДУХА МЕГАПОЛИСА .....81

Михеев П. В.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ  
САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ  
АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ .....82

Панова М. С.

ФАКТОРЫ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГИПОКСИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ  
У ДОНОШЕННЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ.....83

Перов С. Ю.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ,  
СОЗДАВАЕМЫХ БАЗОВЫМИ СТАНЦИЯМИ СОТОВОЙ СВЯЗИ 2-5 ПОКОЛЕНИЯ.....85

Растокина Т. Н., Унгурияну Т. Н.

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ  
АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА.....86



*Суровец Т. З., Дроздова Е. В., Евсеенкова Е. А.*

ОЦЕНКА ОБЩЕТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ С РАЗЛИЧНЫМИ  
УРОВНЯМИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО  
БАКТЕРИАЛЬНОГО ТЕСТА..... 87

## Раздел 2

### РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. СТАТЬИ

---

*Веренич К. А., Миненко В. Ф.*

О РАЗРАБОТКЕ ЛОКАЛЬНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РЕФЕРЕНТНЫХ УРОВНЕЙ  
ДЛЯ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ..... 89

*Кизеев А. Н., Сюрин С. А.*

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ДИКОРАСТУЩИХ ЯГОД И ГРИБОВ  
В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ ..... 92

*Котеров А. Н., Ушенкова Л. Н., Калинина М. В., Дибиргаджиев И. Г.*

ПРОФЕССИИ, НАИБОЛЕЕ ОТРАЖАЮЩИЕСЯ НА ЗДОРОВЬЕ:  
ЯДЕРНАЯ ИНДУСТРИЯ НА ПОСЛЕДНИХ МЕСТАХ ПО ВРЕДНОСТИ  
(СИНТЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ) ..... 96

*Кочергина Н. С., Николаенко Е. В.*

РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ МЕТОДА ОЦЕНКИ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ  
ПРИ ЗАПРОЕКТНОЙ АВАРИИ НА АЭС В РАМКАХ УЧЕНИЙ «СКАЛА – 2023» .....100

*Мамин А. И., Поволоцкий Ю. М., Поротова В. Ю., Романов С. А.*

ЛИКВИДАЦИЯ «ОБЪЕКТА ЯДЕРНОГО НАСЛЕДИЯ»,  
ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ПЕРСОНАЛА  
И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....104

*Охрименко С. Е.*

ГОРМЕЗИС КАК ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ .....107

*Ошуркевич А. Ю., Ли Т. Ш.*

КИНЕТИКА ГН2АХ, СПРОВОЦИРОВАННОГО ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ  
IN VITRO У ТРИТОНА *PLEURODELES WALTL* ..... 110

*Стожаров А. Н., Хрусталева В. В.*

РОЛЬ РАДИАЦИОННОГО И ПСИХОГЕННОГО ФАКТОРОВ В ВОЗНИКНОВЕНИИ  
ПАТОЛОГИИ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС.....112

*Чаховский П. А., Шарамков В. А., Прус Н. Н.*

НОВЫЕ УСЛОВИЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПРОБ ВОДЫ ПИТЬЕВОЙ И МОЛОКА  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛОКНИСТОГО КАТИОНИТА ФИБАН-К-1 ДЛЯ  
ПОСЛЕДУЮЩЕГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ В НИХ УДЕЛЬНОЙ (ОБЪЕМНОЙ)  
АКТИВНОСТИ СТРОНЦИЯ-90 ПО МВИ.МН 1181-2011 .....115

*Чаховский П. А., Шарамков В. А., Прус Н. Н.*

НОВЫЕ УСЛОВИЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПРОБ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ  
С РАЗЛИЧНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ И ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ  
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ В НИХ ОБЪЕМНОЙ (УДЕЛЬНОЙ) АКТИВНОСТИ СТРОНЦИЯ-90  
ПО МВИ.МН 1181-2011 .....119

**Раздел 2**  
**РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.**  
**ТЕЗИСЫ**

---

*Аветисов А. Р.*

ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ НЕОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ  
НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ ..... 122

*Бабич Е. А., Николаенко Е. В., Кляус В. В.*

УРОВНИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ  
ИГНАЛИНСКОЙ АЭС НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ..... 123

*Басак А. С., Дашкевич Т. В., Емельяненко Е. В.*

ОПТИМИЗАЦИЯ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛА РЕСПУБЛИКАНСКОГО  
ЦЕНТРА ПОЗИТРОННО-ЭМИССИОННОЙ ТОМОГРАФИИ ..... 125

*Денисова Е. В., Окатенко П. В., Сокольников М. Э.*

ОПЫТ ВЕДЕНИЯ РАКОВОГО РЕГИСТРА ЗА 70-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЯ ..... 127

*Жукова О. М., Николаенко Е. В., Попова Е. Н., Кочергина Н. С.*

ОЦЕНКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
ПРИ ГИПОТЕТИЧЕСКОЙ ЗАПРОЕКТНОЙ АВАРИИ НА СМОЛЕНСКОЙ АЭС ..... 128

*Липницкий Л. В., Нечай С. В., Устименко М. В., Кирдун Е. В.*

О РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКЕ И ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ  
ПО РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ ... 130

*Мальцева С. В., Грицкевич Е. Р., Сыса А. Г., Бученков И. Э., Хайдер А.*

ОЦЕНКА ЧАСТОТЫ ВСТРЕЧАЕМОСТИ АУКСОТРОФНЫХ ВАРИАНТОВ БАКТЕРИЙ  
ГРУППЫ КИШЕЧНОЙ ПАЛОЧКИ В ПРОБАХ ПОЧВ, НАХОДИВШИХСЯ В УСЛОВИЯХ  
ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ..... 132

*Николаенко Е. В., Елизарова Н. В.*

ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
БЕЛОРУССКОЙ АЭС ..... 134

*Николаенко Е. В., Кочергина Н. С., Попова Е. Н., Жукова О. М.*

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ  
В ЛИЧНЫХ ПОДСОБНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ, НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
В 2017–2022 ГГ. .... 135

*Роздяловская Л. Ф., Николаенко Е. В.*

ВЕРИФИКАЦИЯ ЗНАЧЕНИЯ ГРАНИЧНОЙ ДОЗЫ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕЛОРУССКОЙ АЭС ..... 136

*Роздяловская Л. Ф., Николаенко Е. В., Гусейнова Д. И., Елизарова Н. В.*

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО РИСКА ПЕРСОНАЛА БЕЛОРУССКОЙ АЭС ..... 137

*Серегин В. А., Гущина Ю. В., Бельских Ю. С., Малахова А. Н., Шитова А. А.*

РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ  
ОБЪЕКТОВ И ПРЕДПРИЯТИЙ УРАНОВОГО НАСЛЕДИЯ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ  
АЗИИ В ПЕРИОД РЕКУЛЬТИВАЦИИ ..... 139

Туков А. Р., Шафранский И. Л., Зиятдинов М. Н., Прохорова О. Н., Михайленко А. М.  
ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕОБХОДИМЫ  
КОРРЕКТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИАЦИОННОЙ ЭПИДЕМИОЛОГИИ .....141

### Раздел 3

## МЕДИЦИНА ТРУДА И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПАТОЛОГИЯ. СТАТЬИ

---

*Абдулазизов Р. С., Ахмедов Р. Ш.*  
ОПЫТ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ  
В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ.....143

*Бабанов С. А., Кирюшина Т. М., Лаврентьева Н. Е., Стрижаков Л. А., Мелентьев А. В.*  
КЛИНИКО-ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И КАЧЕСТВО ЖИЗНИ  
РАБОТНИКОВ С ВИБРАЦИОННОЙ БОЛЕЗНЬЮ И В ЕЕ СОЧЕТАНИИ  
С ДЕФОРМИРУЮЩИМ ОСТЕОАРТРОЗОМ .....148

*Бабанов С. А., Острякова Н. А., Стрижаков Л. А., Мелентьев А. В., Лысова М. В.*  
ПАНДЕМИЯ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19 И ФАКТОРЫ  
РИСКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ .....153

*Бабанов С. А., Острякова Н. А., Лысова М. В.*  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОПИИНГ-СТРАТЕГИЙ В ПРОЦЕССЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ВЫГОРАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ .....156

*Баслык А. Ю., Итпаева-Людчик С. Л., Коноплянко В. А.*  
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОЙ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ,  
ХАРАКТЕРИЗУЮЩЕЙСЯ РАЗНЫМ СПЕКТРАЛЬНЫМ СОСТАВОМ.....158

*Бухтияров И. В., Зайцева А. В., Сериков В. В., Юшкова О. И., Капустина А. В.*  
ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО УТОМЛЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ  
УСЛОВИЯХ РАБОТЫ МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА.....162

*Вербилевич М. В., Мелик-Касумов Т. Б., Саванович И. И.*  
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ МАРКЕРОВ СИСТЕМНОГО ВОСПАЛЕНИЯ  
У СПОРТСМЕНОВ.....165

*Галлямова С. А., Вагапова Д. М.*  
СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ  
НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА.....167

*Герасимиди С. К., Глухов Д. В., Сапрыкина П. Д.*  
РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ У РАБОТНИКОВ  
ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД В ПОСТКОВИДНОМ ПЕРИОДЕ .....169

*Головкова Н. П., Лескина Л. М., Толмачев Д. А., Варакута И. С.*  
ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ  
У РАБОТНИКОВ ПРИ ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....172

*Дремин А. И.*  
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ОТКРЫТЫХ  
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ 220–500 КВ .....176

<i>Жеглова А. В., Лапко И. В.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СОХРАНЕНИЮ ЗДОРОВЬЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ВОДИТЕЛЕЙ .....	178
<i>Капцов В. А., Панкова В. Б., Чиркин А. В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНТИФОНОВ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ НЕЙРОСЕНСОРНОЙ ТУГОУХОСТИ В РАЗВИТЫХ СТРАНАХ (ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ) .....	182
<i>Капцов В. А., Панкова В. Б., Чиркин А. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИНДИКАТОРОВ, ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИХ О НЕОБХОДИМОСТИ ЗАМЕНЯТЬ ПРОТИВОГАЗНЫЕ ФИЛЬТРЫ РЕСПИРАТОРОВ (ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ) .....	185
<i>Клебанов Р. Д., Кудрейко Н. П., Лаптев С. В., Мадекша И. В.</i> ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАГРЕВАЮЩЕГО МИКРОКЛИМАТА И АКТУАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ ЕГО ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ИНТЕРМИТТИРУЮЩЕМ ВЛИЯНИИ .....	188
<i>Клебанов Р. Д., Кудрейко Н. П., Лаптев С. В., Коноплянко В. А., Николаева Е. А.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ АНАЛИЗА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ С ВРЕМЕННОЙ НЕТРУДОСПОСОБНОСТЬЮ РАБОТНИКОВ .....	191
<i>Ковшов А. А., Балтрукова Т. Б., Ушакова Л. В.</i> ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ СКОРНЯЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	195
<i>Красавина Е. К., Яцына И. В.</i> ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ .....	199
<i>Лапко И. В., Жеглова А. В.</i> ЗНАЧЕНИЕ ВАЛЕОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАБОТНИКОВ ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВ .....	202
<i>Полякова Л. В., Чугунова В. В., Иркаева А. М., Жукова Е. С., Позднякова М. А.</i> ИЗУЧЕНИЕ ВЫРАЖЕННОСТИ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ХОЛЕСТЕРИНА И ГЛЮКОЗЫ КРОВИ У ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ВОДИТЕЛЕЙ В КРУПНОМ ГОРОДЕ .....	204
<i>Прокопенко Л. В., Лагутина А. В., Курьеров Н. Н.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ШУМА С УЧЕТОМ НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЯЖЕСТИ ТРУДА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ .....	207
<i>Разуванов А. И., Пацко А. И., Пастухова О. Д., Михеденко Е. А.</i> СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА .....	211
<i>Савченко О. А., Новикова И. И., Плотникова О. В., Семенова Е. В., Ступа С. С., Костюк И. И.</i> О ПРОФИЛАКТИКЕ РАЗВИТИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПРИ РАБОТЕ С ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ .....	214

<i>Смагулов Н. К., Агеев Д. В.</i> ВЛИЯНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ МЕДИЦИНСКИХ СЕСТЕР В ВОЗРАСТНОМ АСПЕКТЕ ПО ДАННЫМ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА.....	218
<i>Соловьева И. В., Кравцов А. В., Арбузов И. В.</i> ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ РАБОТАЮЩИХ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ.....	221
<i>Сюрин С. А., Кизеев А. Н.</i> БОЛЕЗНИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ У КУРЯЩИХ РАБОТНИКОВ НИКЕЛЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	225
<i>Трошин В. В., Рудой М. Д., Страхова Л. Н., Блинова Т. В.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ОСМОТРОВ МАЛЯРОВ, РАБОТАЮЩИХ НА СОВРЕМЕННОМ АВТОМОБИЛЕСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	228
<i>Федотова И. В., Васильева Т. Н., Некрасова М. М., Скворцова В. А.</i> ОЦЕНКА СТАТУСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЮ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ РИСКОМ РАБОЧЕГО ПЕРСОНАЛА СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	232
<i>Хейфец Н. Е., Солтан М. М., Хейфец Е. Н.</i> ОСОБЕННОСТИ ГРАДАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ МЕДИЦИНСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ОРГАНИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ.....	235
<i>Шеенкова М. В., Васильченко А. В.</i> COVID-19 – АССОЦИИРОВАННЫЕ КОЛИТЫ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ В ПРАКТИКЕ ПРОФПАТОЛОГА .....	240
<i>Яцына И. В., Астахова И. В., Шумихин А. Э.</i> ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ КОЖИ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ .....	242
<i>Яцына И. В., Шеенкова М. В., Истомин А. В., Савичева Н. М.</i> КОМОРБИДНАЯ СОМАТИЧЕСКАЯ ПАТОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОСВАРЩИКОВ С ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ.....	245

### Раздел 3

## МЕДИЦИНА ТРУДА И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПАТОЛОГИЯ. ТЕЗИСЫ

---

<i>Агеев Д. В.</i> СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА И СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ СРЕДНЕГО МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА.....	248
<i>Вагапова Д. М., Бакиров А. Б., Масягутова Л. М.</i> СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ТРАКТОРИСТОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН .....	249

<i>Вагапова Д. М., Гирфанова Л. В., Хафизова А. С., Бояринова Н. В., Мадьярова Л. Р., Хлопотова А. Р.</i>	
ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ФОРМИРОВАНИЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ У РАБОТНИКОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ .....	250
<i>Григорьева Т. В., Хабибулина О. В.</i>	
ДИНАМИКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ТРУДОСПОСОБНОГО НАСЕЛЕНИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 5 ЛЕТ ПО ДАННЫМ ДИСПАНСЕРИЗАЦИИ .....	252
<i>Жеглова А. В., Лапко И. В.</i>	
ПРОФИЛАКТИКА СИНДРОМА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ У ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ.....	254
<i>Красавина Е. К.</i>	
РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ У РАБОЧИХ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ .....	256
<i>Крючкова Е. Н.</i>	
ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ АЛЛЕРГИЧЕСКИХ ДЕРМАТОЗОВ У РАБОЧИХ-ГАЛЬВАНИКОВ .....	257
<i>Крючкова Е. Н.</i>	
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЦИТОКИНОВОГО ПРОФИЛЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ .....	259
<i>Курбангалеева Р. Ш., Вагапова Д. М., Рафикова Л. А.</i>	
УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ДУПЛЕКСНОЕ СКАНИРОВАНИЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ ГОЛОВЫ В ДИАГНОСТИКЕ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ У РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА .....	260
<i>Лапко И. В., Жеглова А. В.</i>	
ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ У ПРОМЫШЛЕННЫХ РАБОЧИХ.....	261
<i>Панкова В. Б., Федина И. Н.</i>	
ТРУДНЫЕ ВОПРОСЫ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОФПАТОЛОГИИ ЛОР-ОРГАНОВ .....	263
<i>Рябова Ю. В., Минигалиева И. А., Сутункова М. П., Привалова Л. И.</i>	
О ПОВЫШЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ОРГАНИЗМА К ВРЕДНЫМ ФАКТОРАМ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ И СРЕДЫ ОБИТАНИЯ .....	265
<i>Сахаутдинова Р. Р., Бушуева Т. В., Грибова Ю. В., Лабзова А. К.</i>	
ЦИТОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БУККАЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ – МАРКЕР ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ К РАЗВИТИЮ МИОМЫ МАТКИ РАБОТНИЦ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	266
<i>Шаповал И. В., Каримова Л. К., Мулдашева Н. А., Бейгул Н. А.</i>	
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ РИСКА СМЕРТИ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ.....	267

**Раздел 4**  
**ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ.**  
**СТАТЬИ**

---

<i>Гребень Н. Ф.</i> ЦИФРОВОЕ ПОВЕДЕНИЕ И ЗДОРОВЬЕ ПОДРОСТКОВ ПОКОЛЕНИЯ Z .....	270
<i>Грекова Н. А., Полянская Ю. Н., Карпович Н. В.</i> ОБОРУДОВАНИЕ МЕБЕЛЬЮ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОСТРАНСТВА ГРУППОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ УЧРЕЖДЕНИЙ ДОШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ .....	274
<i>Дюбкова-Жерносек Т. П.</i> КУРЕНИЕ ТАБАКА КАК РАСПРОСТРАНЕННЫЙ ПОВЕДЕНЧЕСКИЙ ФАКТОР РИСКА ХРОНИЧЕСКИХ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У СТУДЕНТОВ.....	276
<i>Мыльникова И. В., Ефимова Н. В., Кудаев А. Н.</i> ВАРИАбельНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЮНОШЕЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА С РАЗЛИЧНОЙ ТРЕНИРОВАННОСТЬЮ .....	279
<i>Полянская Ю. Н., Карпович Н. В., Грекова Н. А.</i> СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ДОШКОЛЬНИКОВ ГОРОДА МИНСКА И РАЙОННЫХ ЦЕНТРОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ .....	283
<i>Пронина Т. Н.</i> УПОТРЕБЛЕНИЕ БЕЗДЫМНОГО ТАБАКА ПОДРОСТКАМИ БЕЛАРУСИ .....	286
<i>Храмцов П. И., Березина Н. О., Антонова Е. В.</i> ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ДЕТЕЙ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	288
<i>Храмцова С. Н.</i> ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИГАТЕЛЬНОГО РЕЖИМА НА УМСТВЕННУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ.....	292
<i>Храмцова С. Н., Кондратьева Е. А.</i> ХАРАКТЕРИСТИКА ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ОРГАНИЗМ ЮНЫХ БАСКЕТБОЛИСТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ОРГАНИЗАЦИИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА .....	295
<i>Шубочкина Е. И., Блинова Е. Г.</i> КАЧЕСТВО МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАК АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА СОХРАНЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПОДРОСТКОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ В СИСТЕМЕ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	297

**Раздел 4**  
**ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ.**  
**ТЕЗИСЫ**

---

<i>Kobelkova I. V., Sorkina E. Yu., Korosteleva M. M.</i> SOME INDICATORS OF THE NUTRITIONAL STATUS OF ATHLETES AND HEREDITARY PREDISPOSITION TO THE NUTRITION-DEPENDENT DISEASES .....	301
---	-----

*Radyshev I. V., Semin D. A., Korosteleva M. M.*

FREQUENCY OF CONSUMPTION OF ENERGY DRINKS BY RUDN UNIVERSITY STUDENTS ..... 302

*Атамуратова А. С.*

УРОВЕНЬ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ДЕТЕЙ 5–6 ЛЕТ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТАШКЕНТА И СУРХАНДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ..... 302

*Борисова Т. С., Самохина Н. В., Кушнерук А. В.*

БИОИМПЕДАНСОМЕТРИЯ КАК МЕТОД ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ДЕТЕЙ ОРГАНИЗОВАННЫХ КОЛЛЕКТИВОВ ..... 304

*Выборная К. В.*

НАИБОЛЕЕ ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА ПРАКТИКЕ РЕГРЕССИОННЫЕ УРАВНЕНИЯ РАСЧЕТА ЖИРОВОЙ МАССЫ ТЕЛА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ, ОСНОВАННЫЕ НА ПОКАЗАТЕЛЕ ПЛОТНОСТИ ТЕЛА И ВЕЛИЧИНАХ КОЖНО-ЖИРОВЫХ СКЛАДОВ ..... 306

*Гмошинская М. В., Алешина И. В.*

ПРИЧИНЫ ПРЕКРАЩЕНИЯ ПРОДОЛЖАЮЩЕГОСЯ ГРУДНОГО ВСКАРМЛИВАНИЯ..... 307

*Грекова Н. А., Полянская Ю. Н., Карпович Н. В.*

СОВРЕМЕННЫЕ ДОШКОЛЬНИКИ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ ..... 307

*Жуковский В. В., Товстан О. О., Чепелев С. Н.*

ОСОБЕННОСТИ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОТДЕЛЕНИИ ГИГИЕНЫ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ ЦЕНТРА ГИГИЕНЫ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ ЛЕНИНСКОГО РАЙОНА Г. МИНСКА ЗА 2022 ГОД ..... 308

*Ильясова А. Ж.*

ИЗБЫТОЧНАЯ МАССА ТЕЛА И ОЖИРЕНИЕ У ДЕТЕЙ, ВОСПИТЫВАЮЩИХСЯ В ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ ИЗ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ, КИРПИЧА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА..... 310

*Ильясова А. Ж.*

ТЕМПЫ ПРИРОСТА АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ДОШКОЛЬНИКОВ, ВОСПИТЫВАЮЩИХСЯ В ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ, ПОСТРОЕННЫХ ИЗ РАЗНЫХ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ ..... 311

*Курбанбаева А. Ж.*

ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ И ИНТЕРНЕТА НА ЗДОРОВЬЕ ГЛАЗ ДЕТЕЙ ..... 312

*Новикова И. И., Романенко С. П.*

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРУКТУРЫ И ОРГАНИЗАЦИИ ПИТАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ..... 313

*Пронина И. Ю., Макарова С. Г., Потапов А. С., Анушенко А. О., Ясаков Д. С.*

БИОИМПЕДАНСОМЕТРИЯ В ОЦЕНКЕ НАРУШЕНИЯ НУТРИТИВНОГО СТАТУСА У ДЕТЕЙ С ВОСПАЛИТЕЛЬНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ КИШЕЧНИКА ..... 314



*Тармаева И. Ю., Коростелева М. М.*

РОЛЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА В ОБЕСПЕЧЕНИИ  
ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ .....315

*Хамцова Р. В., Гаврюшин М. Ю., Абдалова С. Р.*

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ  
ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА .....316

*Шинкарева Н. В., Казеко А. М., Шпаковский И. И., Полищук К. Е.*

РЕЗУЛЬТАТЫ АНКЕТИРОВАНИЯ УЧАЩИХСЯ ПО ВОПРОСАМ САМООЦЕНКИ  
ЗДОРОВЬЯ В РАМКАХ ПРОЕКТА «ШКОЛА — ТЕРРИТОРИЯ ЗДОРОВЬЯ».....317

## Раздел 5

### ГИГИЕНА ПИТАНИЯ. СТАТЬИ

---

*Борисевич Я. Н., Чуешкова С. С.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТАВА ТЕЛА И СУТОЧНЫХ ЭНЕРГОТРАТ  
ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПИТАНИЯ СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА. ....319

*Гаджиева Гариба Мансур кызы*

СОВРЕМЕННЫЕ ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ОРГАНИЗАЦИИ ПИТАНИЯ  
АЗЕРБАЙДЖАНСКИХ ШКОЛЬНИКОВ .....321

*Дорошевич В. И.*

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ФАКТИЧЕСКОГО  
ПИТАНИЯ .....324

*Дребенкова И. В.*

СОДЕРЖАНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЛАХ .....327

*Дюбкова-Жерносек Т. П.*

ПРОИЗВОДСТВО И ПОТРЕБЛЕНИЕ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ  
КАК ИСТОЧНИК ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ФАКТОР РИСКА СЕРДЕЧНО-  
СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ (С ПОЗИЦИЙ ЭВРИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА  
К ОБУЧЕНИЮ СТУДЕНТОВ).....330

*Кузовкова А. А., Плешкова А. А., Велентей Ю. Н., Добыш В. А.*

САНИТАРНО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИГРАЦИИ ТОКСИЧНЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ПЛЕНОЧНОГО УПАКОВОЧНОГО ПОЛИЛАКТИДНОГО  
МАТЕРИАЛА С УГЛЕВОЛОКНОМ В МОДЕЛЬНЫЕ СРЕДЫ, ИМИТИРУЮЩИЕ  
ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ.....334

*Кузовкова А. А., Чеботкова Д. А., Лебединская К. С., Добыш В. А.*

УРОВНИ МИГРАЦИИ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПЛЕНОЧНЫХ УПАКОВОЧНЫХ  
ПОЛИЛАКТИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ С УГЛЕВОЛОКНОМ В МОДЕЛЬНЫЕ СРЕДЫ,  
ИМИТИРУЮЩИЕ ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ.....339

*Мойсеёнок А. Г., Хованская Г. Н., Черемисин А. С., Титко О. В., Мацкевич А. И.*

ВОЗМОЖНОСТЬ КОРРЕКЦИИ ДЕФИЦИТА ЖЕЛЕЗА В ПИТАНИИ С УЧЕТОМ  
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СВЯЗИ МИКРОНУТРИЕНТОВ В БИОСИНТЕЗЕ FE-  
СОДЕРЖАЩИХ БЕЛКОВ.....344

<i>Осипова Т. С., Бондарук А. М., Цыганков В. Г., Полянских Е. И., Свинтилова Т. Н., Лебединская К. С.</i>	
К ВОПРОСУ О БЕЗОПАСНОСТИ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ КОНТАКТА С ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИЕЙ. ....	348
<i>Фурс Е. В., Туркина Д. В., Ситун Д. Е.</i>	
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ПРИМЕРНЫХ ДВУХНЕДЕЛЬНЫХ РАЦИОНОВ ШКОЛЬНИКОВ – ОПЫТ РАБОТЫ БАРАНОВИЧСКОГО ЗОНАЛЬНОГО ЦГИЭ .....	351
<i>Хисматуллин Д. Р., Чигвинцев В. М.</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТНОЙ СТРАТЕГИИ, НАПРАВЛЕННОЙ НА ПРОФИЛАКТИКУ РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ У ШКОЛЬНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА. ....	354
<i>Ширинкина А. С., Долгих О. В.</i>	
ОСОБЕННОСТИ ЭФФЕКТОВ ЭКСПОЗИЦИИ ПРИРОДНОГО ГАПТЕНА <i>CHLORELLA GROWTH FACTOR</i> В УСЛОВИЯХ <i>IN VITRO</i> (НА ПРИМЕРЕ ФАГОЦИТАРНОЙ АКТИВНОСТИ КЛЕТОК ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ). ....	357

**Раздел 5**  
**ГИГИЕНА ПИТАНИЯ.**  
**ТЕЗИСЫ**

---

<i>Андросова Н. Л., Фелик С. В.</i>	
ФЕРМЕНТИРОВАННЫЕ МОЛОЧНО-ЗЕРНОВЫЕ ПРОДУКТЫ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ КОМБИНАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МОЛОКА .....	360
<i>Антипова Т. А., Симоненко С. В.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУХОЙ ДЕМИНЕРАЛИЗОВАННОЙ СЫВОРОТКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НАПИТКОВ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ. ....	361
<i>Балакина А. С., Трусов Н. В.</i>	
ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА ЧЕРНИКИ И ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ ФЕРМЕНТОВ ЛИПОГЕНЕЗА <i>DE NOVO</i> И АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ У КРЫС С ОЖИРЕНИЕМ. ....	362
<i>Величко О. О., Федоренко Е. В., Цемборевич Н. В.</i>	
ЦИФРОВИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ...	363
<i>Георгиева О. В.</i>	
ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕРНОБОБОВЫХ В СОСТАВЕ ПРОДУКТОВ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ. ....	364
<i>Горлов И. Ф., Кудряшова О. В.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ КОЗЬЕГО МОЛОКА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ В КОРМЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ ЛАКТУЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК .....	365
<i>Жуковский В. В., Лобко М. И., Чепелев С. Н.</i>	
АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОТДЕЛЕНИИ ГИГИЕНЫ ПИТАНИЯ ЦЕНТРА ГИГИЕНЫ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ ЛЕНИНСКОГО РАЙОНА Г. МИНСКА ЗА 2022 ГОД .....	367

<i>Зайцев В. А.</i> СВОЙСТВА ГРИБА КОРДИЦЕПС, ЕГО ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА.....	369
<i>Золотин А. Ю., Кудряшова О. В., Симоненко С. В., Симоненко Е. С.</i> ПИЩЕВОЕ ПРОИЗВОДСТВО КАК СУБЪЕКТ АНТРОПОГЕННОГО ОБМЕНА.....	370
<i>Кулагина Д. А., Федоренко Е. В., Цемборевич Н. В.</i> РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕКЛАМЫ АЛКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ В СТРАНАХ ЕВРОСОЮЗА И РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....	372
<i>Никитюк Д. Б., Коростелева М. М.</i> ПИТАНИЕ КАК ВАЖНЕЙШИЙ РЫЧАГ ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЯ.....	373
<i>Раджабкадиев Р. М.</i> ОЦЕНКА СУТОЧНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ СПОРТСМЕНОВ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В БАСКЕТБОЛЕ.....	374
<i>Раджабкадиев Р. М.</i> ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ РАЦИОНОВ ПИТАНИЯ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ.....	375
<i>Сафронова А. И., Тимошина М. И., Тоболева М. А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕБИОТИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ В ПИТАНИИ ДЕТЕЙ.....	376
<i>Семенова Е. С., Симоненко Е. С.</i> ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ МОЛОЧНЫХ БЕЛКОВ – СПОСОБ ОБОГАЩЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ НЕЗАМЕНИМЫМИ КОМПОНЕНТАМИ.....	377
<i>Фелик С. В., Антипова Т. А., Андросова Н. Л.</i> ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА КАШ БЫСТРОГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ГЕРОДИЕТИЧЕСКОМ ПИТАНИИ.....	378
<i>Чальй З. А.</i> ВЭЖХ–МС/МС ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕНУАЗОНОВОЙ КИСЛОТЫ В СПЕЦИЯХ.....	379
<i>Чальй З. А., Седова И. Б., Тутельян В. А.</i> ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ НЕКОТОРЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ТОМАТОВ АЛЬТЕРНАРИАТОКСИНАМИ.....	379

## Раздел 6

### ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ. СТАТЬИ

<i>Бондарева Л. Г.</i> ПУТИ И ПРИНЦИПЫ ПЕРЕНОСА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ (В ТОМ ЧИСЛЕ И ПО ВЛИЯНИЮ РАДИОАКТИВНОСТИ) С ЖИВОТНЫХ НА ЧЕЛОВЕКА: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА.....	381
<i>Ботян Е. А., Кулевская Н. А.</i> СТРУКТУРА И ОБЪЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ОТХОДОВ.....	384

<i>Васильева М. М., Грынчак В. А.</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОКСИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИСФЕНОЛОВ А И S .....	388
<i>Голубева М. И., Бидевкина М. В., Шеина Н. И., Бобринева И. А., Федорова Э. И., Виноградова А. И.</i> ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ АЛЬБУМИНА ЧЕРНОГО ПИЩЕВОГО В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ .....	392
<i>Грынчак В. А., Лапто Л. Г., Сычик С. И., Лисовская Г. В., Крыж Т. И., Деменкова Т. В.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ КРОВИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕМОСОВМЕСТИМОСТИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ <i>IN VITRO</i> .....	395
<i>Епишина Т. М.</i> СУБХРОНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОДУКТА КЛАССА СУЛЬФОНИЛМОЧЕВИН .....	398
<i>Епишина Т. М., Чхвиркия Е. Г.</i> К ВОПРОСУ О НАКОПИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВАХ НОВОГО ПЕСТИЦИДА В ОРГАНИЗМЕ КРЫС .....	400
<i>Заволокина Н. Г., Березняк И. В.</i> ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ РАБОТАЮЩИХ ПРИ ДЕРМАЛЬНОМ ПОСТУПЛЕНИИ ПЕСТИЦИДОВ .....	402
<i>Земцова В. О., Богданов Р. В., Шевляков В. В., Эрм Г. И.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ СУБСТАНЦИЙ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ .....	405
<i>Зиновкина В. Ю., Земцова В. О., Емельянова О. А., Богданов Р. В., Василькевич В. М.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГА ХРОНИЧЕСКОГО ДИСБИОТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ АЗИТРОМИЦИНА ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОМ ПУТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ .....	409
<i>Ильюкова И. И., Юркевич Е. С., Камлюк С. Н., Иода В. И., Клочкова О. П., Кутлиахметов И. Ф.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СУБХРОНИЧЕСКОЙ ТОКСИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОДУКТА ДЕЛЬТАМЕТРИНА, ПРОИЗВОДНОГО КЛАССА СИНТЕТИЧЕСКИХ ПИРЕТРОИДОВ .....	413
<i>Камлюк С. Н., Ильюкова И. И., Юркевич Е. С., Иода В. И., Клочкова О. П.</i> ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПАСНЫХ СВОЙСТВ БИОПЕСТИЦИДА, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТОМАТОВ И ОГУРЦОВ ОТ КОРНЕВЫХ ГНИЛЕЙ .....	418
<i>Огурцова С. Э., Рубинов Д. Б., Пашковский Ф. С., Тумар Е. М., Савин А. О.</i> ПОИСК НОВЫХ ПРОТИВООПУХОЛЕВЫХ СРЕДСТВ СРЕДИ СИНТЕТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ФЛАВОНОИДНОГО РЯДА .....	422
<i>Пескова Е. В.</i> ОСОБЕННОСТИ БЕЛКОВОГО ПРОФИЛЯ ПЛАЗМЫ КРОВИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ ЭКСПОЗИЦИИ АЛЮМИНИЕМ, ФТОРОМ И БЕНЗ(А) ПИРЕНОМ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕГАТИВНЫХ ЭФФЕКТОВ СО СТОРОНЫ КРИТИЧЕСКИХ ОРГАНОВ И СИСТЕМ ЧЕЛОВЕКА .....	425

<i>Петрова С. Ю., Ильюкова И. И., Гомолко Т. Н.</i> ДОЗА СИСТЕМНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И БИОМАРКЕРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПАРАБЕНОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА .....	428
<i>Петрова С. Ю., Ильюкова И. И., Гомолко Т. Н., Клочкова О. П.</i> ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АДЪЮВАНТА НА ОСНОВЕ НЕИОНОГЕННОГО ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА ПОЛИСОРБАТА .....	431
<i>Проскурина А. С., Тарасова Е. В., Хамидулина Х. Х.</i> ЭНДОКРИННЫЕ РАЗРУШИТЕЛИ В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ .....	434
<i>Ракитский В. Н., Чхвиркия Е. Г.</i> К ВОПРОСУ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ПЕСТИЦИДОВ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ .....	438
<i>Степанков М. С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА КЛЕТОЧНО-ФАГОЦИТАРНОЙ АКТИВНОСТИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ КРЫС ПРИ ИНТРАТРАХЕАЛЬНОЙ ИНСТИЛЛЯЦИИ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА МЕДИ (II) В СРАВНЕНИИ С ЧАСТИЦАМИ МИКРОРАЗМЕРНОГО ХИМИЧЕСКОГО АНАЛОГА .....	440
<i>Студеничник Т. С., Филонюк В. А., Шевляков В. В., Чернышова Е. В., Эрм Г. И.</i> ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ .....	445
<i>Тарасова Е. В., Хамидулина Х. Х., Назаренко А. К.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЫСОКООПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В СОСТАВЕ ИЗДЕЛИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ .....	448
<i>Шляхтун А. Г., Сутько И. П., Радута Е. Ф., Букша Е. В., Богдевич Е. В., Мартинкевич О. Н., Волчкевич О. М.</i> КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ГИПОЛИПИДЕМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ БЕТУЛИНА ПРИ СОДЕРЖАНИИ КРЫС НА ВЫСОКОЖИРОВОЙ ДИЕТЕ .....	452
<i>Юркевич Е. С., Ильюкова И. И., Камлюк С. Н., Иода В. И.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ПЕСТИЦИДОВ-ДЖЕНЕРИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАТАРЕИ ТЕСТОВ МЕТОДАМИ <i>IN SILICO</i> , <i>IN VITRO</i> И <i>IN VIVO</i> .....	456
<i>Юркевич Е. С., Камлюк С. Н., Иода В. И.</i> ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ КИСЛОТ И L-АМИНОКИСЛОТ .....	460

## Раздел 6

### ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ. ТЕЗИСЫ

<i>Антипова В. И.</i> РИСК ДЛЯ РАБОТАЮЩИХ И НАСЕЛЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ КЛОТИАНИДИНСОДЕРЖАЩИХ ПЕСТИЦИДОВ .....	464
---	-----

<i>Бидевкина М. В.</i> ДЕЙСТВУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА АНТИСЕПТИКОВ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ РАЗДРАЖЕНИЕ КОЖИ .....	465
<i>Букиа Е. В., Шляхтун А. Г., Богдевич Е. В., Сутько И. П.</i> ГЕПАТОПРОТЕКТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРЕКУРСОРОВ НИКОТИНАМИДАДЕНИНДИНУКЛЕОТИДА ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ АЛКОГОЛЬНОЙ ИНТОКСИКАЦИИ .....	466
<i>Вещемова Т. Е., Масальцев Г. В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕНАТАЛЬНОЙ ТОКСИЧНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ЭНДОКРИННОГО РАЗРУШИТЕЛЯ – ИНСЕКТИЦИДА ИЗ КЛАССА КАРБАМАТОВ .....	467
<i>Грынчак В. А., Протасевич У. С., Лисовская Г. В., Крыж Т. И., Деменкова Т. В.</i> АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРОКОВ ГОДНОСТИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ ОДНОРАЗОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ.....	469
<i>Клинова С. В., Минигалиева И. А., Сутункова М. П., Панов В. Г., Проценко Ю. В., Никитина Л. В., Герцен О. П.</i> КАРДИОВАСКУЛЯРНАЯ ТОКСИЧНОСТЬ СВИНЦА И КАДМИЯ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	470
<i>Орленкович Л. Н.</i> АНАЛИЗ МЕЖСИСТЕМНЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАТЕРИНСКОГО ОРГАНИЗМА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ БИОИНСЕКТИЦИДА ЭНТОМОФТОРИНА .....	472
<i>Протасевич У. С., Анисович М. В., Ильюкова И. И., Грынчак В. А.</i> ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ <i>IN VITRO</i> ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЩЕТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ КОСМЕТИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ .....	473
<i>Студеничник Т. С., Чернышова Е. В., Эрм Г. И.</i> ОЦЕНКА СЕНСИБИЛИЗИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ПРИМЕРЕ КОМБИНИРОВАННОГО ПРЕПАРАТА «КЛИНБАК» .....	474
<i>Чернышова Е. В., Богданов Р. В., Евтерева А. А., Табелева Н. Н.</i> ОСОБЕННОСТИ ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ АМЛОДИПИНА БЕСИЛАТ В ХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ.....	475
<i>Чехольский А. С.</i> АПРОБАЦИЯ ТУРБИДИМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ АКТИВНОСТИ ЛОКАЛЬНЫХ ГЕМОСТАТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПО ВРЕМЕНИ СВЕРТЫВАНИЯ ПЛАЗМЫ КРОВИ.....	477

## Раздел 7

### МОНИТОРИНГ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ. СТАТЬИ

<i>Баслык А. Ю., Коноплянко В. А., Итпаева-Людчик С. Л., Цвирко В. И.</i> МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТОВОЙ СРЕДЫ, ФОРМИРУЕМОЙ ИСКУССТВЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ СВЕТА, НА РАБОЧИХ МЕСТАХ В ПОМЕЩЕНИЯХ.....	479
---	-----

<i>Вершкова Е. М., Нимаева Б. В., Михайлова Л. А., Барановская Н. В., Бондаревич Е. А.</i> СОДЕРЖАНИЕ МЫШЬЯКА В ВОЛОСАХ ЖИТЕЛЕЙ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ.....	482
<i>Дребенкова И. В., Кузовкова А. А.</i> МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В МОДЕЛЬНЫХ СРЕДАХ, ИМИТИРУЮЩИХ ПИЩЕВУЮ ПРОДУКЦИЮ И КОНТАКТИРУЮЩИХ С УПАКОВКОЙ И УПАКОВОЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ, В ТОМ ЧИСЛЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫМИ, МЕТОДОМ АТОМНО- ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ.....	486
<i>Дубовская Л. В., Широчина И. В., Свиридов О. В.</i> МЕТОДИКА ИММУНОФЕРМЕНТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИСТИНА В ПРОДОВОЛЬСТВЕННОМ СЫРЬЕ И ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ .....	490
<i>Егорченкова О. Е.</i> ИМПОРТИРУЕМАЯ ПРОДУКЦИЯ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ЦИПРОДИНИЛА В ТРОПИЧЕСКИХ ФРУКТАХ .....	494
<i>Ивченкова А. А., Федорова Н. Е., Добрев С. Д.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЛУОКСАПИПРОЛИНА И ЕГО МЕТАБОЛИТОВ В РАЗЛИЧНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТРИЦАХ .....	497
<i>Крийт В. Е., Сладкова Ю. Н., Скляр Д. Н., Волчкова О. В.</i> МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОТБОРУ ПРОБ И ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДУХА ЗАКРЫТЫХ (ЗАМКНУТЫХ) ПОМЕЩЕНИЙ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВА, КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА И РЕКОНСТРУКЦИИ .....	501
<i>Крийт В. Е., Скляр Д. Н.</i> МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОВЕДЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГИПОГЕОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЙ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ.....	505
<i>Лебединская К. С., Крымская Т. П., Капелько И. М., Чеботкова Д. В.</i> ВИНИЛАЦЕТАТ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОМ ДВУХСТАДИЙНОГО ТЕРМОДЕСОРБЦИОННОГО АНАЛИЗА В СОЧЕТАНИИ С ГАЗО- ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИЕЙ И ОПТИМИЗАЦИЕЙ С ПОМОЩЬЮ ТРЕХУРОВНЕВОГО ПЛАНА БОКСА – БЕНКЕНА.....	508
<i>Лескова О. А., Бондаревич Е. А., Коцюржинская Н. Н., Лесков А. П., к. б. н.</i> СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В НЕКОТОРЫХ ВИДАХ ДИКОРАСТУЩИХ ГРИБОВ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ.....	512
<i>Плешкова А. А.</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СЕЛЕНА В ЯЙЦАХ МЕТОДОМ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ .....	514
<i>Полянских Е. И., Фёдорова Т. А., Бельшева Л. Л., Андриевская Е. В., Филатченкова Е. В., Петрова С. Ю.</i> РАЗРАБОТКА УСЛОВИЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО АНАЛИЗА И ПОДГОТОВКИ ПРОБ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ И КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ	

КОНСЕРВАНТОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ ЭФИРОВ ПАРА-ГИДРОКСИБЕНЗОЙНОЙ  
КИСЛОТЫ (ПАРАБЕНОВ), В ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ МЕТОДОМ ВЭЖХ-ДМД ..... 517

*Полянских Е. И., Филатченкова Е. В., Фёдорова Т. А.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АФЛАТОКСИНА М<sub>1</sub> В МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ МЕТОДОМ ВЭЖХ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ОЧИСТКИ ПРОБЫ НА ИММУНОАФФИННЫХ КОЛОНКАХ..... 521

*Самойленко Г. Ю.*

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ И ЛАПЧАТКЕ  
ПИЖМОЛИСТНОЙ В УСЛОВИЯХ Г. ЧИТЫ..... 523

*Саракач О. В., Бондаренко Е. П., Казакевич Е. Л., Крымская Т. П.*

РАЗРАБОТКА МЕТРОЛОГИЧЕСКИ АТТЕСТОВАННОЙ МЕТОДИКИ  
СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИЗИНОПРИЛА  
ДИГИДРАТА В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ..... 527

*Снапкова И. М., Тимошенко К. В., Капелько И. М., Оковитая А. И., Крымская Т. П.*

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ L-КАРНИТИНА И ТАУРИНА В СОСТАВЕ  
БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ ТОНИЗИРУЮЩИХ НАПИТКОВ МЕТОДОМ ВЭЖХ-МС/МС ..... 531

*Соболев Д. Н.*

КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ ФИПРОНИЛА И ЕГО ОСНОВНЫХ МЕТАБОЛИТОВ  
ФИПРОНИЛ-СУЛЬФОНА, ФИПРОНИЛ-СУЛЬФИДА И ФИПРОНИЛ-ДЕСУЛЬФИНИЛА  
В ВОДЕ ..... 534

*Стерликов А. В., Куриленко Ю. В.*

ОРГАНИЗАЦИЯ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ СЛИЧЕНИЙ С ИЗМЕРЕНИЕМ  
ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ..... 537

*Федорова Н. Е., Добрева Н. И., Горячева Л. В., Сусллова А. В.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МАТРИЧНОЙ ТВЕРДОФАЗНОЙ ДИСПЕРСИИ  
ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ ..... 540

*Чеботкова Д. В., Крымская Т. П., Лебединская К. С., Станишевская П. А.*

РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
В ВОДНЫХ СРЕДАХ БЕНЗ(А)ПИРЕНА, СОДЕРЖАЩЕГОСЯ В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ  
ПАРАФИНОВ И ВОСКОВ, А ТАКЖЕ В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ РЕЗИНО-ЛАТЕКСНЫХ  
КОМПОЗИЦИЙ ..... 544

*Шарамков В. А., Столяренко В. А., Федоренко Е. В., Позняк И. С., Табелева Н. Н.*

ПОВЫШЕНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТИ ЛАБОРАТОРИЙ ПО ИСПЫТАНИЯМ  
В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ  
ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ИХ ТЕКУЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА ..... 547

## Раздел 7

### МОНИТОРИНГ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ. ТЕЗИСЫ

*Андриевская Е. В., Полянских Е. И., Бельшева Л. Л., Федорова Т. А.*

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
КОНСЕРВАНТА НАТАМИЦИНА В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
МЕТОДОМ ВЭЖХ-ДМД..... 553



<i>Бондаревич Е. А.</i> ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЫЛИ В ГОРОДЕ ЧИТА.....	554
<i>Воронцова О. С., Андриевская Е. В., Войтенко С. И.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИТАМИНА К <sub>2</sub> В БАД МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ .....	556
<i>Гречина М. С.</i> МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ НЕОНИКОТИНОИДОВ В ОРЕХАХ: ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СТЕПЕНЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ .....	557
<i>Ивашкевич Л. С., Бельшева Л. Л.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ АНТИБИОТИКОВ В МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ МЕТОДОМ ИММУНОФЕРМЕНТНОГО АНАЛИЗА .....	559
<i>Крымская Т. П., Лебединская К. С., Капелько И. М., Бондаренко Е. П., Чеботкова Д. В.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИФЕНГИДРАМИНА ГИДРОХЛОРИДА ЭКСТРАКТИВНЫМ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ .....	560
<i>Кузнецова Н. С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ГАЛОПЕРИДОЛА В СЛЮНЕ ЧЕЛОВЕКА .....	561
<i>Лебединская К. С., Крымская Т. П., Чеботкова Д. В., Станишевская П. А.</i> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В ВОЗДУШНЫХ ВЫТЯЖКАХ, ВЫДЕЛЯЕМОГО ИЗ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПАРАФИНОВ, ВОСКОВ И РЕЗИНО-ЛАТЕКСНЫХ КОМПОЗИЦИЙ.....	562
<i>Мачальская Е. С., Бондаренко Е. П., Крымская Т. П., Саракач О. В.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ АЗИТРОМИЦИН В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ .....	563
<i>Николаева Е. А.</i> ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ФАКТОРОВ СРЕДЫ В СПЕЛЕОСТАЦИОНАРЕ .....	565
<i>Плешак Е. М., Лещев С. М., Полянских Е. И., Бельшева Л. Л.</i> МЕТОДИКА ЭКСПРЕСС-ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭРИТРОЗИНА (Е127) В ПРИСУТСТВИИ ДРУГИХ СИНТЕТИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ В ЖИДКИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ .....	566
<i>Полоневич А. Г., Лещев С. М., Булгакова О. А., Бельшева Л. Л.</i> ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНСЕКТИЦИДА АМИТРАЗ И ЕГО МЕТАБОЛИТОВ В ЭКСТРАКЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ВОДА – ОРГАНИЧЕСКИЙ РАСТВОРИТЕЛЬ .....	567
<i>Полоневич А. Г., Лещев С. М., Полянских Е. И., Бельшева Л. Л.</i> СПОСОБ ЭФФЕКТИВНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ХЛОРАМФЕНИКОЛА ИЗ ПРОБ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ, ОСНОВАННЫЙ НА ЖИДКОСТЬ- ЖИДКОСТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ .....	568
<i>Савинов С. С., Тлеужанова Р. Д.</i> ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ МЕТОДОМ АЭС-ИСП.....	570

<i>Снапкова И. М., Тимошенко К. В., Капелько И. М., Крымская Т. П., Табелева Н. Н.</i> КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛОДИНАФОП-ПРОПАРГИЛА И КЛОКВИНТОСЕТ-МЕКСИЛА В ОБЪЕКТАХ ЭКОМОНИТОРИНГА .....	571
<i>Тимофеева О. Н., Полянских Е. И., Бельшева Л. Л.</i> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТУЙОНА МЕТОДОМ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ .....	572
<i>Тимошенко К. В., Капелько И. М., Крымская Т. П.</i> УСТАНОВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА ЭКСТРАКЦИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ БИОПЕСТИЦИДА НА ОСНОВЕ МАТРИНА В РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦАХ .....	573
<i>Шилова Н. А., Ивашкевич Л. С., Крымская Т. П.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРПИРИФОСА В РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ .....	575
<i>Щучинов Л. В., Кац В. Е., Зяблицкая А. Н.</i> ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ДЖУМАЛИНСКИХ КЛЮЧЕЙ В КОШ-АГАЧСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ .....	576

## Раздел 8

### ПРАКТИКА ГИГИЕНЫ И ТОКСИКОЛОГИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ. СТАТЬИ

---

<i>Бортновский В. Н.</i> ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ДОНОЗОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА КАК ЭЛЕМЕНТ ДИНАМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ УРОВНЯ И СТРУКТУРЫ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ .....	578
<i>Гриценко Т. Д., Соколов С. М., Пшегорода А. Е., Соловьев В. В., Карпук Л. И.</i> АПРОБАЦИЯ МЕТОДА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ПОПУЛЯЦИОННОГО НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА .....	581
<i>Ивко Н. А., Буневич Н. В.</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ В ПРАКТИКУ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ ПО ЗАВЕРШАЕМЫМ В 2023 ГОДУ ЗАДАНИЯМ ПОДПРОГРАММЫ «БЕЗОПАСНОСТЬ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА» .....	584
<i>Кравченко Э. Н., Гарбуз О. Н.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ НА ТЕРРИТОРИИ МИНСКОГО РАЙОНА ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ПРОЕКТА «ЗДОРОВЫЕ ГОРОДА И ПОСЕЛКИ» В 2023 ГОДУ .....	589
<i>Нечай С. В., Булай А. А., Петерсон Н. Л., Богданова М. А.</i> ПРОБЛЕМА НАРКОМАНИИ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ: СОЦИОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ .....	593
<i>Рабикова Д. Н., Тарасова Е. В., Проскурина А. С., Хамидулина Х. Х.</i> НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, ВЫЗЫВАЮЩИХ ОБЕСПОКОЕННОСТЬ, КАК ВОЗМОЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ .....	596

*Соколов С. М., Пиетрода А. Е., Соловьев В. В., Гриценко Т. Д., Карпук Л. И.*  
ОЦЕНКА НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ  
С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА.....600

*Сычик С. И., Шарамков В. А., Табелева Н. Н., Столяренко В. А.*  
ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ КАК ОДИН ИЗ ЭТАПОВ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ  
ГОСУДАРСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ (НАДЗОРА) ЗА ПРОДУКЦИЕЙ, ОБРАЩАЕМОЙ  
НА РЫНКЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ .....603

## **Раздел 8**

### **ПРАКТИКА ГИГИЕНЫ И ТОКСИКОЛОГИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ. ТЕЗИСЫ**

---

*Гуринович В. А., Титко О. В., Катковская И. Н., Канунникова Н. П., Мойсеёнок А. Г.*  
ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВЛИЯНИЯ ЛАКТОФЕРРИНА НА СИСТЕМУ  
КОФЕРМЕНТА А, АССОЦИИРОВАННУЮ С БИОСИНТЕЗОМ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ  
БЕЛКОВ У АЛКОГОЛИЗИРОВАННЫХ ЖИВОТНЫХ .....608

*Дроздова Е. В., Ивко Н. А., Буневич Н. В.*  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ ПОДПРОГРАММЫ «БЕЗОПАСНОСТЬ  
СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА», РАЗРАБОТАННАЯ ПО ЗАВЕРШЕННЫМ  
В ЧАСТИ НИР ЗАДАНИЯМ В 2021–2022 ГГ. ....609

*Ивко Н. А., Буневич Н. В.*  
ДОВЕДЕНИЕ ДО ПОТРЕБИТЕЛЕЙ РАЗРАБОТАННОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ПРОДУКЦИИ КАК ВАЖНЫЙ ЭТАП ВНЕДРЕНИЯ В ПРАКТИКУ .....610

РЕЗОЛЮЦИЯ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
«ЗДОРОВЬЕ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»,  
23–24 НОЯБРЯ 2023 Г. ....613

РЕШЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
«ЗДОРОВЬЕ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»  
23–24 НОЯБРЯ 2023 Г. ....617

Научное издание

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
«ЗДОРОВЬЕ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»**

**23–24 ноября 2023 года, г. Минск**

Ответственный за выпуск *Т. Ф. Рослик*  
Редактор *Т. Ф. Рослик*  
Корректор *Н. Б. Кучмель*  
Компьютерная верстка *И. П. Гришиной*

Подписано в печать 29.12.2023. Формат 60×84<sup>1/8</sup>. Цифровая печать.  
Усл. печ. л. 74,86. Уч.-изд. л. 63,5. Тираж 50 экз. Заказ 355.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
республиканское унитарное предприятие  
«Издательский центр Белорусского государственного университета».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/159 от 27.01.2014, № 2/63 от 19.03.2014.  
Ул. Красноармейская, 6, 220030, Минск.



ISBN 978-985-553-792-3



9 789855 537923