МАТЕРИАЛЫ
всероссийской научно-практической
интернет-конференции молодых ученых
и специалистов Роспотребнадзора
с международным участием

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ – 2023

11–13
октября
2023 г.
г. Пермь

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека
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
Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей
и благополучия человека по Пермскому краю
Отделение медицинских наук Российской академии наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Пермский государственный
медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ – 2023

Материалы
всероссийской научно-практической интернет-конференции
молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора
с международным участием

(Пермь, 11–13 октября 2023 г.)

Под редакцией профессора А.Ю. Поповой,
академика РАН Н.В. Зайцевой

Пермь 2023

УДК 614.2
Ф94

Ф94 **Фундаментальные** и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения – 2023: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. – 395 с.

ISBN 978-5-398-03033-4

Материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием «Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения – 2023» отражают взгляд и позицию молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора на актуальные проблемы в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия населения страны и пути их решения.

Особое внимание уделено вопросам оценки состояния среды обитания и оценке риска здоровью населения, связанного с влиянием факторов среды обитания. Отражены результаты исследований атмосферного воздуха, питьевых вод, пищевой продукция (включая новые виды пищи и продукцию с генетически модифицированными организмами) и пр. с учетом территориальной специфики.

Представлены результаты работы, касающиеся опыта участия в федеральных проектах «Демография» и «Чистая вода».

В материалах конференции представлены методические подходы к профилактике профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний, связанных с влиянием факторов производственной среды, в том числе с описанием воздействия отдельных производственных факторов на показатели системы крови и состояние сердечно-сосудистой и опорно-двигательной систем человека, а также освещены вопросы обеспечения радиационной безопасности.

В разделе оценки риска здоровью детей и подростков описаны проблемы буллинга и кибербуллинга в образовательной среде, представлены результаты оценки питания, а также показателей умственного и физического развития, обоснована необходимость обеспечения ментальной гигиены, исследовано влияние физических и химических факторов на подрастающее поколение, освещены вопросы использования электронных устройств в образовательном процессе.

Рассмотрены вопросы применения информационных технологий в области гигиены и эпидемиологии, в том числе описан опыт использования нейронных сетей при анализе социально значимых заболеваний, применения риск-ориентированного подхода для задач мониторинга, развитие ГИС-технологий в системе эпидемиологического мониторинга инфекционной и паразитарной заболеваемости, моделирование жизненно важных процессов (дыхания).

В материалах представлены предложения по повышению эффективности управленческих решений и профилактических мероприятий.

Материалы конференции издаются при финансовой поддержке Министерства образования и науки Пермского края в рамках гранта (договор № С-26/098.4 от 16.01.2023).

Редакционная коллегия:

д-р мед. наук, проф. А.Ю. Попова, акад. РАН Н.В. Зайцева,
д-р биол. наук, проф. И.В. Май, д-р мед. наук, доцент К.П. Лужецкий, к.м.н. К.В. Четверкина

УДК 614.2

ISBN 978-5-398-03033-4

© ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 2023

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель:

Попова Анна Юрьевна	Руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

Заместители председателя:

Алексеев Вадим Борисович	Директор ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора
Зайцева Нина Владимировна	Научный руководитель ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора

Члены организационного комитета:

Кирьянов Дмитрий Александрович	Заведующий отделом математического моделирования систем и процессов ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора
Летюшев Александр Николаевич	Начальник Управления научно-аналитического обеспечения и международной деятельности Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
Ли Ти Хонг Хао	Директор Национального института контроля пищевой продукции (г. Ханой, СРВ) (по согласованию)
Лужецкий Константин Петрович	Заместитель директора по организационно-методической работе ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора
Май Ирина Владиславовна	Заместитель директора по научной работе ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора
Мустафина Илина Закарияновна	Помощник руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
Смоленский Вячеслав Юрьевич	Заместитель руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
Четверкина Кристина Владимировна	Председатель ОСМУиС ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, Управления Роспотребнадзора по Пермскому краю, Управления Роспотребнадзора по Саратовской области, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае», ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Саратовской области»
Шевкун Ирина Геннадьевна	Начальник Управления санитарного надзора Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

Технический секретариат конференции:

Алексеева Алла Вадимовна	Редактор ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора
Сергеева Елена Васильевна	Заведующий отделением внешних связей и международных отношений ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора
Цинкер Мария Михайловна	Заведующий отделением научной и патентной информации ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора

Раздел I

Страновые и региональные угрозы и риски для здоровья населения на современном этапе

Сравнительный анализ качества атмосферного воздуха с последующей оценкой риска здоровью населения на современном этапе

А.С. Кудашова

ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Саратовской области» Роспотребнадзора,
г. Саратов, Россия

Приведен сравнительный анализ результатов лабораторных исследований качественных показателей атмосферного воздуха как на территории Российской Федерации, так и в отдельно взятых странах мира, сгруппированных по регионам ВОЗ. Также проведена гигиеническая оценка влияния химических веществ атмосферного воздуха на здоровье человека.

Ключевые слова: атмосферный воздух, проект «Чистый воздух», предельно допустимая концентрация, Всемирная организация здравоохранения, оценка риска.

Атмосферный воздух является наиболее значимым санитарно-гигиеническим фактором среды обитания, формирующим состояние санитарно-эпидемиологического благополучия и здоровья населения. К основным антропогенным источникам выбросов загрязняющих веществ относят: деятельность объектов промышленных предприятий, ежегодное увеличение транспортных средств, производство электроэнергии, сельское хозяйство, переработку (сжигание) бытовых отходов и другие.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), воздействие загрязненного атмосферного воздуха по-прежнему остается глобальной повесткой и одним из факторов риска развития заболеваний неинфекционной этиологии.

Согласно данным ВОЗ, ежегодно от неинфекционных заболеваний умирает 41 млн человек, что составляет 74 % всех случаев смерти в мире. В 2019 г. загрязнение атмосферного воздуха, как в городах, так и в сельских поселениях, привело к 4,2 млн случаев преждевременной смерти в мире. Такие высокие показатели смертности, прежде всего, обусловлены воздействием мелких дисперсных частиц ($PM_{2.5}$ и PM_{10}), которые приводят к развитию болезней органов дыхания, органов пищеварения, системы кровообращения, а также злокачественных новообразований.

Руководство ВОЗ предусматривает, что среднегодовое значение содержания твердых частиц диаметром 2,5 мкм и менее ($PM_{2.5}$) не должно превышать 5 мкг/м^3; твердых частицы диаметром 10 мкм и менее (PM_{10}) – 15 мкг/м^3; озона (O_3) – 100 мкг/м^3; диоксида азота (NO_2) – 10 мкг/м^3; диоксида серы (SO_2) – не более 40 мкг/м^3 (среднее значение за 24 ч) [1].

Концентрация токсичных веществ в атмосферном воздухе зависит от промышленной насыщенности страны, транспортного парка, энергетических установок, а также сельскохозяйственного производства. Среди каждого региона можно выделить страны с наибольшей концентрацией твердых веществ в воздухе.

Европейский регион обладает немалым количеством промышленных объектов. Как правило, такие производства являются серьезными источниками загрязнения атмосферного воздуха. Выброс твердых частиц в окружающую среду – значи-

мая и актуальная проблема данного региона. Основными источниками такого загрязнения являются электростанции, промышленные предприятия (цветная металлургия, крупные горнодобывающие заводы) и отопительные системы, которые выбрасывают в воздух газ, пыль, сажу и золу.

Согласно данным всемирного отчета о качестве атмосферного воздуха от швейцарской мониторинговой компании IQAir, в Европейском регионе выделяют страны с самой высокой среднегодовой концентрацией мелкодисперсных частиц $PM_{2.5}$ (мкг/м^3), превышающих гигиенический норматив в 7 раз и более. В число таких стран входят: Таджикистан (46 мкг/м^3 – 2022 г.; 59,4 мкг/м^3 – 2021 г.), Босния и Герцеговина (33,6 мкг/м^3 – 2022 г.; 27,8 мкг/м^3 – 2021 г.), Узбекистан (33,5 мкг/м^3 – 2022 г.; 42,8 мкг/м^3 – 2021 г.). Такие показатели являются подтверждением серьезности проблемы качества атмосферного воздуха в определенных странах региона и необходимости принятия эффективных мер в целях сокращения загрязняющих выбросов.

Африка – один из крупнейших континентов мира, представленный 54 государствами, различных между собой экономически, социально и политически.

Некоторые страны Африки, такие как Южная Африка, Нигерия и Египет, имеют крупные и развитые экономики, основанные на добыче природных ресурсов, промышленном производстве и прочем. Неудивительно, что и на этом континенте одними из основных источников загрязнения воздуха являются объекты промышленности, особенно тяжелой (горнодобывающей, нефтяной и химической).

Наибольшая среднегодовая концентрация мелкодисперсных частиц $PM_{2.5}$ (мкг/м^3) в воздухе, превышающая гигиенический норматив, зафиксирована в таких странах, как: Чад (89,7 мкг/м^3 – 2022 г.; 75,9 мкг/м^3 – 2021 г.), Буркина-Фасо (63 мкг/м^3 – 2022 г.), Уганда (39,6 мкг/м^3 – 2022 г.; 27,6 мкг/м^3 – 2021 г.), Нигерия (36,6 мкг/м^3 – 2022 г.; 34 мкг/м^3 – 2021 г.), Гана (30,2 мкг/м^3 – 2022 г.; 25,9 мкг/м^3 – 2021 г.) [2].

Устаревшие транспортные средства и низкое качество топлива приводят к большим выбросам оксид азота и углеводородов, оксид углерода и серы, альдегидов, сажи, а также свинца и его соединений. Данные обстоятельства, способствуют формированию смога, приводят к увеличению заболеваемости дыхательной системы, а также другим проблемам.

Западная часть Тихого океана является одним из самых динамичных и развивающихся регионов. Вместе с ростом экономики и населения, регион стал сталкиваться с проблемой загрязнения атмосферного воздуха. Возрастание доли промышленного комплекса привело к увеличению выбросов твердых веществ. Основными источниками таких загрязняющих веществ являются электростанции, различные заводы, рудники. Среднегодовая концентрация мелкодисперсных частиц $PM_{2.5}$ (мкг/м^3) некоторых странах превышает гигиенический норматив в 5–6 раз. К ним относятся: Китай (30,6 мкг/м^3 – 2022 г.; 32,6 мкг/м^3 – 2021 г.), Монголия (29,5 мкг/м^3 – 2022 г.; 33,1 мкг/м^3 – 2021 г.), Лаос (27,6 мкг/м^3 – 2022 г.; 21,5 мкг/м^3 – 2021 г.), Вьетнам (27,2 мкг/м^3 – 2022 г.; 24,7 мкг/м^3 – 2021 г.) [2].

Азиатский регион, включая Юго-Восточную Азию, также сталкивается с серьезными проблемами загрязнения атмосферы. Большое количество промышленных предприятий, энергетических установок и автомобилей приводит к высоким уровням выбросов твердых частиц.

В большинстве развивающихся стран зарубежной Азии промышленность представлена горнодобывающей, химической, черной и цветной металлургией.

По среднегодовой концентрации мелкодисперсных частиц $PM_{2.5}$ (мкг/ $м^3$), страны Юго-Восточной Азии занимают 3-е место в рейтинге стран среди всех регионов мира. В таких странах, как Бангладеш (65,8 мкг/$м^3$ – 2022 г.; 76,9 мкг/$м^3$ – 2021 г.), Индия (53,3 мкг/$м^3$ – 2022 г.; 58,1 мкг/$м^3$ – 2021 г.), Непал (40,1 мкг/$м^3$ – 2022 г.; 46 мкг/$м^3$ – 2021 г.), Индонезия (30,4 мкг/$м^3$ – 2022 г.; 34,3 мкг/$м^3$ – 2021 г.), показатели твердых веществ превышают гигиенический норматив в 7 раз и более [2].

Необходимо также обратить внимание на страны Восточного средиземноморья, где зафиксирована максимальная среднегодовая концентрация мелкодисперсных частиц $PM_{2.5}$ (мкг/$м^3$), превышающая гигиенический норматив в 10 раз и более: Ирак (80,1 мкг/$м^3$ – 2022 г.; 49,7 мкг/$м^3$ – 2021 г.), Пакистан (70,9 мкг/$м^3$ – 2022 г.; 66,8 мкг/$м^3$ – 2021 г.), Бахрейн (66,6 мкг/$м^3$ – 2022 г.; 49,8 мкг/$м^3$ – 2021 г.;), Кувейт (55,8 мкг/$м^3$ – 2022 г.), Египет (46,5 мкг/$м^3$ – 2022 г.), ОАЭ (44,6 мкг/$м^3$ – 2022 г.; 44,1 мкг/$м^3$ – 2021 г.) [2].

Несмотря на развитый промышленный сектор (горнодобывающая, металлургическая, энергетическая промышленность), сельское хозяйство, а также использование твердого топлива для приготовления пищи, в странах Северной и Южной Америки фиксируются самые низкие среднегодовые концентрации $PM_{2.5}$ (мкг/ $м^3$) в атмосферном воздухе: Перу (23,5 мкг/$м^3$ – 2022 г.; 29,6 мкг/$м^3$ – 2021 г.), Гватемалла (18,6 мкг/$м^3$ – 2022 г.; 19,5 мкг/$м^3$ – 2021 г.), Соединенные Штаты Америки (8,9 мкг/$м^3$ – 2022 г.; 10,3 мкг/$м^3$ – 2021 г.), Канада (7,4 мкг/$м^3$ – 2022 г.; 8,5 мкг/$м^3$ – 2021 г.) [2].

На территории Российской Федерации с 1 октября 2018 г. начата реализация федерального проекта «Чистый воздух» Национального проекта «Экология», направленного на кардинальное снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах и предусматривающего снижение к 2024 г. количества городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, создание эффективной системы мониторинга и контроля качества атмосферного воздуха [3].

В рамках данного проекта, который проводится среди 12 городов-участников (г. Братск, г. Красноярск, г. Липецк, г. Магнитогорск, г. Медногорск, г. Нижний Тагил, г. Новокузнецк, г. Норильск, г. Омск, г. Челябинск, г. Череповец, г. Чита), превышение гигиенических нормативов, обеспечивающих допустимые (приемлемые) уровни риска при хроническом (не менее года) воздействии, в 2022 г. зафиксировано в отношении 20 из 67 исследуемых веществ. Для каждого города определены приоритетные химические примеси, которые оказывают неблагоприятное воздействие на организм человека и подлежат первоочередному мониторингу. Наиболее высокие уровни загрязнения атмосферы (более 5 $ПДК_{сг}$) наблюдались в отношении среднегодовых концентраций следующих веществ: серная кислота (г. Челябинск – 26,4), бенз(а)пирен (г. Чита – 22,2), бензол (г. Нижний Тагил – 19,9), меди оксид (г. Норильск – 15,4), дигидросульфид (г. Чита – 7,71), проп-2-ен-1-аль (г. Челябинск – 5,61), марганец и его соединения (г. Норильск – 5,58), азота диоксид (г. Чита – 5,35), хлор (г. Братск – 5,03).

Анализируя динамику доли проб атмосферного воздуха с превышением ПДК на территории Российской Федерации в период с 2013–2022 гг. можно отметить федеральные округа как с темпом прироста (Дальневосточный – +204,1 %, Уральский – +6 %, Сибирский – +0,17 %), так и с темпом снижения (Приволжский – -58,5 %, Центральный – -51,0 %, Северо-Кавказский – -88,5 %, Южный – -88,3 % и Северо-Западный – -91,3 %) [4].

Повышенные уровни загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, способствуют развитию неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания, иммунной, нервной, мочеполовой, костно-мышечной, репродуктивной систем и системы кровообращения.

В целях минимизации риска здоровья населения принимаются различные меры, направленные на снижение загрязнения воздуха, как на государственном, так и на международном уровнях. К ним можно отнести [5]:

1. *Правовые и регуляторные меры.* Государства принимают законы и нормативные акты, которые регулируют выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Это может включать установление предельных норм выбросов для промышленных предприятий, ограничение использования определенных видов топлива или ввод штрафов за нарушение экологических стандартов.

2. *Повышение энергоэффективности.* Одним из способов снижения загрязнения атмосферы является улучшение энергоэффективности в различных секторах, таких как производство, транспорт и бытовая сфера. Применение более эффективных технологий и использование возобновляемых источников энергии может значительно снизить выбросы шлаковых газов и парниковых газов.

3. *Применение фильтрации и очистки*. Установка фильтров и систем очистки на промышленных предприятиях и энергетических объектах может существенно снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

4. *Повышение осведомленности и образования*. Образование и информирование общественности о проблемах загрязнения атмосферы и его последствиях являются важными факторами в борьбе с этой проблемой. Повышение осведомленности людей о путях снижения загрязнения и внедрение экологически чистых практик в повседневную жизнь могут способствовать улучшению качества воздуха.

5. *Международное сотрудничество*. Проблема загрязнения атмосферы не ограничивается только одной страной, поэтому международное сотрудничество играет важную роль в разработке совместных подходов к решению данной проблемы [5].

Все меры по борьбе с загрязнением воздуха и улучшению его качества являются важными для защиты здоровья людей и окружающей среды. Это требует сотрудничества и усилий со стороны правительств, международных организаций и общественности. Только через совместные усилия мы сможем создать чистую и здоровую среду для всех.

Список литературы

1. Загрязнение атмосферного воздуха [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. – 2022. – URL: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health (дата обращения: 04.09.2023).

2. Самые загрязненные страны и регионы мира – Рейтинг по $PM_{2.5}$ [Электронный ресурс] // IQAir. – URL: https://www.iqair.com/ru/world-most-polluted-countries (дата обращения: 04.09.2023).

3. Федеральный проект «Чистый воздух». Минприроды России [Электронный ресурс] // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. – URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/ natsionalnyy_proekt_ekologiya/federalnyy_proekt_chistyy_vozdukh/ (дата обращения: 04.09.2023).

4. 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.

5. Давыдова И.С., Гапоненко А.В. Проблема загрязнения атмосферного воздуха в городах [Электронный ресурс] // КиберЛенинка. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problema-zagryazneniya-atmosfernogo-vozduha-v-gorodah/viewer (дата обращения: 05.09.2023).

Анализ потенциальных рисков причинения вреда здоровью населения в зонах влияния объектов теплоэнергетики

А.М. Андришунас

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
г. Пермь, Россия

Представлена пространственно-динамическая и структурная гигиеническая оценка влияния деятельности объектов теплоэнергетики на качество атмосферного воздуха и формирование потенциальных рисков причинения вреда здоровью населения по Российской Федерации. Показатель среднего потенциального риска причинения вреда здоровью на один хозяйствующий субъект ($R^{I}_{ср}$) при осуществлении деятельности по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха» в целом по РФ составил $5{,}44 \cdot 10^{-4}$. Среди регионов наибольший показатель среднего потенциального риска причинения вреда здоровью на один хозяйствующий субъект регистрировался в Сибирском федеральном округе и составил $9{,}9 \cdot 10^{-4}$. По данным реестра в Российской Федерации масштаб воздействия (M_i) для хозяйствующих субъектов, реализующих деятельность по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха», чрезвычайно-высокой и высокой категорий по потенциальному риску причинения вреда находится в диапазоне 0,0928–0,0093 и 0,00921–0,00092 млн человек соответственно, а уровень потенциального риска причинения вреда здоровью для данных категорий хозяйствующих субъектов – $1{,}11 \cdot 10^{-3}$–0,17 и $1{,}0 \cdot 10^{-4}$–$9{,}8 \cdot 10^{-4}$ соответственно.

Ключевые слова: предприятия теплоэнергетики, выбросы, качество атмосферного воздуха, потенциальный риск, воздухоохранные мероприятия, нарушения законодательства.

Электроэнергетика является одной из ведущих отраслей народного хозяйства на современном этапе. Мировая энергетическая отрасль претерпевает большие изменения, благодаря которым в долгосрочной перспективе облик отрасли кардинально изменится. Большая часть энергии в мире производится тепловыми электростанциями (ТЭС), второе место принадлежит гидроэлектростанциям (ГЭС), на третьем месте – атомная энергетика. Среди всех объектов теплоэнергетики наибо-

лее неблагоприятными в экологическом аспекте считаются тепловые электростанции, отопительные котельные [1, 2].

В России отрасль теплоэнергетики занимает одно из ведущих мест в экономике страны, при этом значительную часть (почти 40 %) электроэнергии в России получают на тепловых электростанциях (ТЭС) [3–5]. С каждым годом потребность в электроэнергии растет, и развитие отрасли направлено на поиск новых источников энергии и технологий, усовершенствование действующих предприятий теплоэнергетики, повышение их надежности и экологическую безопасность [6].

По данным отечественных и зарубежных исследований деятельность предприятий теплоэнергетики может оказывать негативное воздействие на воздушную среду, водные объекты и почву, и, как следствие, на здоровье населения. Кроме этого функционирование энергетических объектов сопряжено с выбросами парниковых газов [7, 8].

Степень воздействия предприятий теплоэнергетики на окружающую среду существенно зависит от используемого топлива. Основными источниками энергии являются органическое топливо (уголь и горючие сланцы, нефть, природный газ), ядерный и термоядерный синтез, возобновляемые энергетические ресурсы (энергия воды, ветра, солнца, термальных вод, древесины, торфа и т.д.) [9–13].

Значительное количество теплоэлектростанций (17,9 % от общего количества предприятий топливно-энергетического комплекса (ТЭК) в России), основным топливом которых является уголь и торф, относятся к ОЭС Сибири (Сибирский федеральный округ) и Востока (Дальневосточный федеральный округ). В Сибирском федеральном округе доля тепловых электростанций, использующих в качестве основного топлива уголь, мазут и торф, составляет 90,7 % и в Дальневосточном округе – более 53 %.

По данным статистической отчетности и релевантных научных исследований основными компонентами выбросов от предприятий теплоэнергетики являются наиболее распространенные загрязняющие вещества, характерные для стационарных источников: оксид углерода, углекислый газ, окислы азота, диоксид серы, углеводороды, бенз(а)пирен, взвешенные вещества, аммиак. Кроме перечисленных загрязняющих веществ объекты теплоэнергетики выбрасывают в атмосферный воздух парниковые газы (метан, озон), фториды, летучие органические соединения (ЛОС), углерод (сажа), пыль неорганическую, древесную, мазутную золу, масло минеральное нефтяное и пр. Некоторые отечественные и зарубежные авторы публикуют исследования по содержанию в выбросах объектов топливно-энергетического комплекса ряд оксидов металлов: ванадия, алюминия, железа, кальция, магния и др. [14–17].

В последние 5 лет в Российской Федерации активно реализуется ряд национальных и региональных проектов, в том числе федеральные проекты «Чистый воздух», «Чистая страна», «Энергетическая стратегия России», а также различные комплексы природоохранных мероприятий, в рамках которых проводятся мероприятия по улучшению качества атмосферного воздуха, в том числе на хозяйствующих субъектах, осуществляющих деятельность по обеспечению электрической энергией, газом и паром [8, 17–19].

В перспективе реализация всех существующих национальных проектов позволит перейти к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, которая значительно улучшит экологическую и санитарно-эпидемиологическую обстановку в крупных промышленных регионах Российской Федерации, а также минимизирует формирование возможных потенциальных рисков здоровью населения, проживающего в зонах влияния объектов ТЭК.

Материалы и методы. В соответствии с «Общероссийским классификатором видов экономической деятельности» в Российской Федерации объекты теплоэнергетики осуществляют деятельность в сфере «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха» (код 35).

Анализ выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников, в том числе от предприятий теплоэнергетического комплекса, осуществлялся по данным Росприроднадзора за 2017–2021 гг.

Анализ количества нестандартных проб загрязняющих веществ в атмосферном воздухе осуществлялся по данным государственных докладов Роспотребнадзора за 2017–2021 гг.

Для оценки количества субъектов, осуществляющих деятельность по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха», использовали данные Федерального реестра юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, подлежащих санитарно-эпидемиологическому надзору (далее – Реестр) на январь 2022 г.

Потенциальный риск причинения вреда здоровью населения (R^l) в связи с хозяйственной деятельностью производственных объектов ТЭК определялся как произведение вероятности нарушения санитарно-эпидемиологического законодательства (p^l), тяжести последствий для здоровья (относительный вред здоровью) при нарушении законодательства (u^l) и масштаба воздействия на население со стороны хозяйствующего субъекта (M^l_i), а его среднее значение ($R^l_{ср}$) – как отношение суммы рисков к количеству хозяйствующих субъектов в соответствии с МР 5.1.0116-17. «Риск-ориентированная модель контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Классификация хозяйствующих субъектов, видов деятельности и объектов надзора по потенциальному риску причинения вреда здоровью человека для организации плановых контрольно-надзорных мероприятий».

Результаты. По данным государственных докладов Росприроднадзора установлено, что общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух за период 2017–2021 гг. по Российской Федерации снизился на 9,8 тыс. т (30,5 %) и в 2021 г. составил 22,3 тыс. т.

За последние 5 лет валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников (в том числе от предприятий по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха») за период 2017–2021 гг. в целом по Российской Федерации снизились на 1,5 % и в 2021 г. составили 17,2 тыс. т. Выбросы от предприятий, осуществляющих деятельность в сфере «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха», в суммарном объеме от всех стационарных источников по Российской Федерации в 2021 г. составляли 17,8 %. Доля выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в Сибирском федеральном округе составила 32 % от общего суммарного выброса стационарных источников в РФ.

Сравнительный анализ по федеральным округам РФ показал, что в 2021 г. наибольшее количество выбросов от стационарных источников, в том числе от предприятий теплоэнергетики, формировалось в Сибирском (5 631,7 тыс. т), Уральском (3 655,5 тыс. т) и Приволжском (2 508,8 тыс. т) федеральных округах.

По данным государственных докладов об охране окружающей среды за 2017–2021 гг. в Российской Федерации основными видами выбросов от предприятий

теплоэнергетики являются оксид углерода, углекислый газ, окислы азота, диоксид серы, летучие органические соединения (ЛОС), углеводороды, оксиды металлов (алюминий, железо, кальций, магний), бенз(а)пирен, оксиды ванадия, сажа, парниковые газы (метан, озон).

По данным государственных докладов об охране окружающей среды качество атмосферного воздуха в Сибирском федеральном округе и Дальневосточном федеральном округе за 2017–2021 гг. не соответствовало гигиеническим нормативам; превышения предельно допустимых концентраций регистрируются по таким веществам, как углерода оксид (концентрации в воздухе превышают ПДК до 9,1 раза), азота оксид (до 3,4 раза), азота диоксид (до 2,9 раза), серы диоксид (до 4,0 раза), бенз(а)пирен (до 2,15 раза), взвешенные вещества (до 7,6 раза), аммиак (до 9,7 раза), ксилол (до 36,5 раза), толуол (до 14,8 раза), фенол (до 24,3 раза), формальдегид (до 39,0 раза) и др. вещества.

По данным статистической отчетности установлено, что в 2021 г. наибольшее количество нестандартных проб загрязняющих веществ в атмосферном воздухе регистрировались на территории Сибирского, Уральского и Дальневосточного федеральных округов (1,4–2,0 %). В структуре выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников, в том числе от предприятий теплоэнергетики, в 2021 г. регистрировалось наибольшее количество нестандартных проб по оксиду углерода (0,12–1,9 %), бенз(а)пирену (3,8–21,1 %), углеводородам (3,9–4,9 %), взвешенным веществам (1,12–2,5 %), толуолу (2,3–9,8 %), ксилолу (4,3–19,2 %), формальдегиду (0,7–3,1 %), аммиаку (0,4–1,4 %).

По данным Реестра хозяйствующих субъектов (ЮЛ / ИП), подлежащих санитарно-эпидемиологическому контролю / надзору (по состоянию на январь 2022 г.), наибольшее количество предприятий теплоэнергетики в разрезе федеральных округов расположено в Центральном (ЦФО) (20,9 % хозяйствующих субъектов), Сибирском (СФО) (18,0 % субъектов), Приволжском (ПФО) (17,8 % субъектов) и Дальневосточном (ДФО) (14,3 % субъектов) федеральных округах.

Показатель среднего потенциального риска причинения вреда здоровью на один хозяйствующий субъект ($R^{l}_{\text{ср}}$) при осуществлении деятельности по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха» в целом по РФ составил $5{,}44 \cdot 10^{-4}$, при этом показатель $R^{l}_{\text{ср}}$ в основной группе «Деятельность промышленных предприятий» составил $4{,}62 \cdot 10^{-4}$.

При этом доля субъектов, реализующих данный вид деятельности и относящихся к чрезвычайно высокой и высокой (соответственно 1 и 2) категориям по потенциальному риску причинения вреда, составила 21,7 %, к категории значительного потенциального риска (категория 3) – 34,6 %, среднего (категория 4) – 30,4 %, умеренного (категория 5) – 11,5 %, низкого (категория 6) – 1,8 %.

Значения показателей средневзвешенной частоты нарушений обязательных санитарно-эпидемиологических требований на одну проверку (контрольно-надзорного мероприятия в отношении хозяйствующего субъекта) (p (l)) и показателей потенциального вреда здоровью человека из-за их возможного несоблюдения (u (l)) при осуществлении деятельности по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха» для всех хозяйствующих субъектов, реализующих данный вид деятельности, равны (по результатам моделирования) 5,59 и 0,0194 соответственно (в соответствии с МР 5.1.0116-17.). Различия, определяющие конечное значение параметров потенциального риска

причинения вреда здоровью (R^I) деятельностью объектов ТЭК у отдельного хозяйствующего субъекта, обусловлены отличием показателя, характеризующего численность населения, которое находится под воздействием *i*-го производственного объекта (M_i, масштаб воздействия, млн человек).

По данным Реестра в Российской Федерации масштаб воздействия (M_i) для хозяйствующих субъектов, реализующих деятельность по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха», чрезвычайно-высокой и высокой категорий по потенциальному риску причинения вреда здоровью находится в диапазоне 0,0928–0,0093 и 0,00921–,00092 млн человек соответственно, а уровень потенциального риска причинения вреда здоровью (R^I) для данных категорий хозяйствующих субъектов – $1{,}03\cdot10^{-2}$–$1{,}01\cdot10^{-3}$ и $9{,}9\cdot10^{-4}$–$1{,}0\cdot10^{-4}$ соответственно.

Наибольшая доля субъектов, реализующих данный вид деятельности и относящихся к чрезвычайно высокой и высокой (соответственно 1 и 2) категориям по потенциальному риску причинения вреда, зарегистрирована в Сибирском, Приволжском, Центральном, Уральском, и Дальневосточном федеральных округах – 78,5 %.

Сравнительный анализ в разрезе федеральных округов РФ показал, что наибольшее значение показателя среднего потенциального риска причинения вреда здоровью на один хозяйствующий субъект ($R^I_{ср}$) для деятельности по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха» наблюдается в Сибирском федеральном округе – $9{,}88\cdot10^{-4}$.

Выводы:

1. Общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух за период 2017–2021 гг. по Российской Федерации в целом снизился более чем на 30 %, в том числе от стационарных источников – на 1,5 %. Выбросы от предприятий теплоэнергетики в суммарном объеме от всех стационарных источников по Российской Федерации составляют более 17 %.

2. Сравнительный анализ по федеральным округам РФ показал, что наибольшее количество выбросов от стационарных источников, в том числе от предприятий теплоэнергетики, формируется в Сибирском ФО (5,6 тыс. т).

3. Основными видами выбросов в атмосферный воздух от предприятий теплоэнергетики являются окислы углерода, окислы азота, диоксид серы, летучие органические соединения (ЛОС), углеводороды, оксиды металлов, бенз(а)пирен, углерод (сажа), парниковые газы (метан, озон) и др. Превышения предельно допустимых концентраций данных химических веществ регистрируются до 2,15–39,0 раз, а количество нестандартных проб – в диапазоне 1,9–21,1 %.

4. Показатель среднего потенциального риска причинения вреда здоровью в РФ на один хозяйствующий субъект ($R^I_{ср}$) при осуществлении деятельности по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха» составил $5{,}44\cdot10^{-4}$. В разрезе федеральных округов наибольшее значение показателя $R^I_{ср}$ наблюдается в Сибирском ФО – $9{,}9\cdot10^{-4}$.

5. Масштаб воздействия (M_i) для хозяйствующих субъектов, реализующих деятельность по «Обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха», чрезвычайно высокой и высокой категорий по потенциальному риску причинения вреда, находится в диапазоне 0,0928–0,0093 и 0,00921–0,00092 млн человек соответственно.

Список литературы

1. Доклад о реализации Энергетической стратегии России на период до 2030 года по итогам 2018 года [Электронный ресурс] // Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации. – URL: https://minenergo.gov.ru/node/15357/ (дата обращения: 16.04.2023).

2. Отчет о функционировании ЕЭС России в 2019 году [Электронный ресурс] // Системный оператор Единой энергетической системы. – 2020. – 36 р. – URL: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2020/ups_rep 2019.pdf (дата обращения: 16.04.2023).

3. Рынок электроэнергетики России и основные игроки отрасли: Аналитический отчет. – Analytic Research Group (ARG), 2018. – 487 с.

4. Игнатов С. Электроэнергетика Сибири: краткий обзор состояния и перспективы развития [Электронный ресурс] // Рынок электротехники: журнал-справочник. – 2018. – URL: https://marketelectro.ru/content/elektroenergetika-sibiri-kratkiy-obzor-sostoyaniya-i-perspektivy-razvitiya (дата обращения: 20.04.2023).

5. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р [Электронный ресурс] // Гарант. – URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/ (дата обращения: 16.04.2023).

6. Карабекова А.А. Развитие тепловой энергетики: анализ, проблемы, перспективы // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2017. – № 3 (105). – С. 123–127.

7. Нецветаев А.Г. Правовая охрана атмосферного воздуха от загрязнения по законодательству Российской Федерации // Правовая безопасность личности, государства и общества: сборник статей XIX Международной научной конференции. – М., 2019. – С. 108–116.

8. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. – М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2022. – 685 с.

9. Issakhov A., Alimbek A., Issakhov A. A numerical study for the assessment of air pollutant dispersion with chemical reactions from a thermal power plant // Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics. – 2020. – Vol. 14. – P. 1035–1061. DOI: 10.1080/19942060.2020.1800515.

10. Селюнина С.В., Петров Б.А., Цапок П.И. Заболеваемость населения, проживающего в зонах влияния атмосферных выбросов городских предприятий теплоэнергетики // Вятский медицинский вестник. – 2005. – № 2. – С. 64–67.

11. Тихомирова Т.И., Хомутов С.А. Влияние вредных выбросов ТЭЦ на атмосферу // Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования: сборник трудов всероссийской научной конференции. – Белгород, 2019. – С. 282–286.

12. Катин В.Д., Маслов Г.Ф., Долгов Р.В. Новые наилучшие технологии сжигания топлива в печных и котельных установках: монография. – М.: Издательство «Спутник+», 2019. – 175 с.

13. Муртазина М.Ш., Панченко М.А. Оценка негативного воздействия на экологическое состояние окружающей среды выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от предприятий теплоэнергетики // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов всероссийской

научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов: в 2 т. – 2015. – С. 263–266.

14. Петров А.С., Самаркина А.Н. Исследование влияния объектов теплоэнергетики на окружающую среду // Новая наука: теоретический и практический взгляд. – 2016. – № 6–2 (87). – С. 152–154.

15. Бахтиёрова Н.Б., Сулейменова Б.М. Влияние выбросов предприятий теплоэнергетики на окружающую среду и здоровье населения // Теория и практика современной науки. – 2016. – № 4 (10). – С. 110–113.

16. Spatially and Temporally Resolved Analysis of Environmental Trade-Offs in Electricity Generation Environ / R.A. Peer, J.B. Garrison, C.P. Timms, K.T. Sanders // Sci. Technol. – 2016. – № 8. – P. 4537–4545.

17. Penney S., Bell J., Balbus J. Estimating the Health Impacts of Coal-Fired Power Plants Receiving International Financing [Электронный ресурс] // Environmental Defense Fund. – 2009. – URL: https://www.greenpeace.org/static/planet4-thailand-stateless/2019/03/e2c6b78f-e2c6b78f-9553_coal-plants-health-impacts.pdf (дата обращения: 20.08.2023).

18. Май И.В., Зайцева Н.В., Клейн С.В., Седусова Э.В. Установление и доказательство вреда здоровью гражданина, наносимого негативным воздействием факторов среды обитания // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2013. – № 11 (248). – С. 4–6.

19. Гигиеническая оценка динамики уровня загрязнения атмосферного воздуха в Российской Федерации / Н.В. Зайцева, С.В. Клейн, С.А. Вековшинина, А.М. Андришунас // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 2 т. / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2020. – С. 235–243.

Влияние чистоты воздуха на болезни органов дыхания (г. Астана)

А.Т. Муратбекова, Ф.Т. Амирсеитова, А.А. Мусина

НАО «Медицинский университет Астана»,
г. Астана, Республика Казахстан

Рассмотрено влияние загрязненного воздуха на формирование заболеваний органов дыхания среди населения г. Астаны. Исследование основано на анализе данных о качестве воздуха и заболеваемости органов дыхания за определенный период времени. Результаты позволяют оценить связь между загрязнением воздуха и заболеваниями дыхательной системы, что имеет важное значение для разработки мер по улучшению окружающей среды и уменьшению заболеваемости.

Ключевые слова: чистота воздуха, заболевания органов дыхания, качество воздуха, загрязнение атмосферы, окружающая среда, экологическое воздействие.

Экологическая ситуация в мире усугубляется с каждым годом. Ежедневно выбрасываются миллионы тонн мусора, а атмосфера отравляется смесью из ядовитых веществ. В крупных городах Индии, Китая, России, Японии, США, Южной Кореи и Ирана в буквальном смысле уже нечем дышать. По данным ВОЗ более 92 % населения нашей планеты дышит загрязненным воздухом.

Учеными доказано, что грязный воздух может способствовать преждевременному старению, является причиной низкого веса детей и даже негативно сказывается на моральном облике людей. Но самое ужасное в том, что ежегодно из-за загрязнения воздуха умирают около 3 млн человек. То есть каждая девятая смерть связана именно с этим. Казахстан, как и многие другие государства, прочно закрепился в списке стран с крайне негативными экологическими тенденциями. В данном контексте стоит рассмотреть, в каких городах нашей республики самый опасный воздух, и как приходится жить в условиях, порой не соответствующих санитарным нормам.

По данным РГП «Казгидромет» в Казахстане значительное влияние на загрязненность воздуха имеют: промышленное производство, загруженность автодорог городским транспортом, низкая проветриваемость населенных пунктов. Специалисты отмечают, что именно эти три фактора способствуют высокому и очень высокому уровню загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах такими загрязнителями, как диоксид азота, оксид углерода, диоксид серы, формальдегид, сероводород, взвешенные частицы, фенол, аммиак.

Таким образом, учитывая вышеизложенное, нами было проведено исследование о влиянии чистоты воздуха на болезни органов дыхания.

Цель исследования – определить взаимосвязь между структурой заболеваемости населения и существующими экологическими рисками (на примере г. Астаны).

Объектом исслетования явились статистические данные заболеваемости населения г. Астаны за последние три года. Предмет исследования – взаимосвязь между структурой заболеваемости населения и существующими экологическими рисками.

Материалы и методы. Были выбраны статистические данные по заболеваемости населения города за последние три года, причиной которых явилось возможное ухудшение экологической ситуации (рассматривались заболевания сердечно-сосудистой системы, органов дыхания и болезни почек). Методом исследования стал статистический анализ.

Результаты. Анализ показал, что увеличение числа автономных котельных связано с нехваткой мощностей ТЭЦ и отсутствием сетей теплоснабжения, но их увеличение не привело к росту выбросов, так как согласно выданным УООСиП заключениям государственной экологической экспертизы эти котельные вместо угля использовали газ. В табл. 1 приведены валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу г. Астаны за период 2017–2019 гг. (табл. 1).

Основным источником роста выбросов взвешенных веществ, фторида водорода, наличия в атмосфере диоксидов серы и азота является увеличением количества автотранспортных средств в столице (табл. 2).

По итогам 2019 г. в г. Астане выдача согласований на установку газобаллонного оборудования на автотранспортные средства по сравнению с 2018 г. снизилась на 29,5 %. Однако в столице в целом увеличивается количество транспорта, использующего более экологически чистое газомоторное топливо. Их количество на 01.01.2020 составило 27 252 единиц.

Таблица 1

Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу г. Астаны за период 2017–2019 гг.

Источник выбросов	Год			
	2017	2018	2019	2018 г. в % к 2017 г.
Валовые выбросы в атмосферу всего, тыс. т/год, в том числе по источникам загрязнения:	179,47	174,86	181,08	103,5
Стационарные	78,62	72,08	80,34	111,5
из них: ТЭЦы	48,94	44,42	56,87	128,0
др. стационарные источники	29,68	27,66	23,47	84,9
Передвижные	92,78	94,83	92,91	98,0
Неорганизованные	8,07	7,95	7,83	98,5

Таблица 2

Динамика количества автотранспортных средств в г. Астане

Вид транспортного средства		Год						2019 г. ожид.	2019 г. в % к 2018 г.
		2013	2014	2015	2016	2017	2018		
1	Легковое	233 663	253 036	297 312	299 839	301 065	304 028	307 615	101,2
2	Грузовое	22 420	22 363	25 309	24 943	24 740	24 790	23 502	94,8
3	Автобус	5999	5513	6063	6186	6450	6552	6112	93,3
4	Электромобиль	-	-	-	2	11	25	29	116,0
5	Прочие	9083	9640	10 459	11 565	11 891	12 353	12 139	98,3
ИТОГО		271 165	290 552	339 143	342 535	344 157	347 748	349 397	100,5
Доля к предыдущему году, %		103,3	107,1	116,7	101,0	100,5	101,0	100,6	X
Доля к 2011 г., % (210 365)		128,9	138,1	161,2	162,8	163,6	165,0	166,4	X
Выдано согласований на установку газобаллонного оборудования			1258	2639	6095	6230	6468	4562	70,5
Тоже нарастающим итогом			1258	3897	9992	16 222	22 690	27 252	120,1

С целью сокращения образования пыли, уменьшения выбросов загрязняющих веществ в результате простоя машин на холостом ходу (на перекрестках), а также снятия транспортной напряженности в городе в 2018 г. построено и отремонтировать 98 улиц, протяженностью 71,8 км (в том числе 22 магистральные улицы протяженностью 21 км; 53 улицы протяженностью 31 км в жилых массивах). Проведен средний ремонт 17 км дорожного покрытия на 12 центральных улицах.

Кроме того, в целях снятия транспортной напряженности в городе, сокращения образования пыли, а также уменьшения выбросов загрязняющих веществ в результате простоя машин на холостом ходу (на перекрестках, мостах, развязках) ведется строительство МКД (Малой кольцевой дороги), проходящей по проспектам Р. Қошқарбаева, Улы Дала и улицам Ақжол, Ш. Бейсековой общей протяженностью 46 км.

В рамках МКД в 2019 г. было продолжено строительство 5 объектов, в том числе: транспортной развязки на пересечении проспекта Н. Тлендиева и улицы Ш. Бейсекова; улицы Ш. Бейсековой от проспекта Н. Тлендиева до улицы Кон-

ституции (завершение строительства тепломагистрали 5-го ввода); улицы Ч. Айтматова от ул. Сарайшык до проспекта Улы Дала; проспект Улы Дала от ул. Ч. Айтматова до проспекта Туран; проспект Улы Дала от проспекта Тауельсыздык до улицы Калдаякова.

На социологический опрос для жителей г. Астаны по изучению мнения жителей о влиянии чистоты воздуха на болезни органов дыхания, проведенный в ходе дипломной работы, ответили 273 респондента. Опрос был распространен онлайн на платформе google/forms, чтобы гарантировать участникам, что их ответы будут использованы полностью анонимно. В ходе социологического опроса респонденты ответили на 11 вопросов, посвященных изучению мнения жителей о влиянии чистоты воздуха на болезни органов дыхания.

Первые три вопроса опроса направлены на получение информации о респондентах (пол, возраст, район проживания). В опросе приняли участие 273 респондента (102 мужчины и 171 женщина): 24,2 % составили люди, возраст которых 29 лет и младше; 30,4 % – люди в возрасте 30–45 лет; 25,6 % – люди 46–55 лет; 19,8 % – люди 56 лет и старше (табл. 3).

Таблица 3

Возрастная структура респондентов

Показатель	Возраст, лет			
	29 и младше	30–45	46–55	56 и старше
Доля среди всех респондентов (процентный показатель), %	24,2	30,4	25,6	19,8
Доля среди всех респондентов (абсолютный показатель)	66	83	70	54

В зависимости от зданий, магистралей, жилых комплексов, производственных площадей и зеленых зон, расположенных в каждой части города, качество воздуха отличается. Поэтому от респондентов была получена информация об их месте жительств. Получилось, что каждый район города Астаны приходится примерно одинаковая доля респондентов (рис. 1).

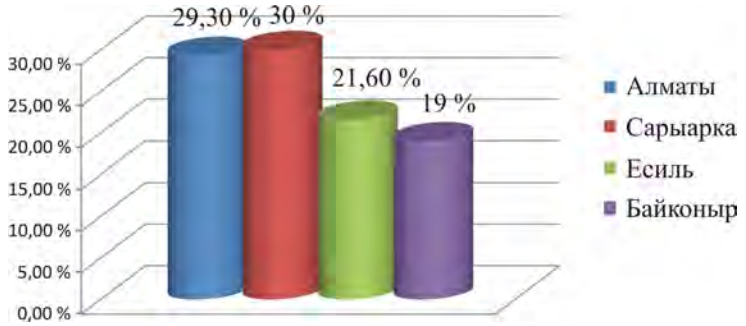


Рис. 1. Структура респондентов в зависимости от районов, где они проживают

Учитывая то, что на качество воздуха значительно влияет способ отопления жилых помещений, мы решили в анкетирование включить вопрос о виде отопления жилого помещения, где проживает респондент (рис. 2).

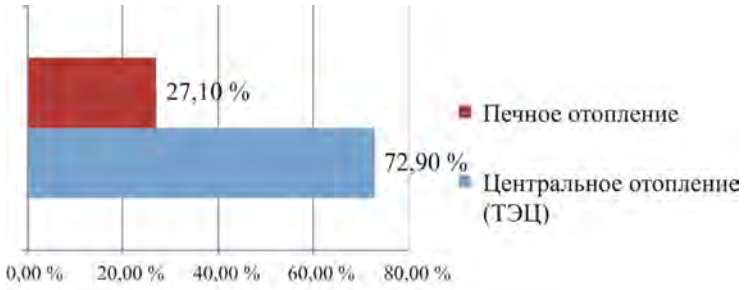


Рис. 2. Тип отопления жилых помещений респондентов

Исследования показывают, что транспорт тоже является одним из источников загрязнения воздуха г. Астаны. Чтобы уменьшить выбрасы от транспорта и создать альтернативу общественному транспорту, в городе работает система автоматизированного проката. Но, к сожелению, гости и жители города не используют данный вид транспорта регулярно. Это могут доказать статистические данные о том, какой вид транспорта жители используют, чтобы ежедневно добираться до места работы/учебы.

Из рис. 3 видно, что половина респондентов ежедневно используют общественный транспорт, одна четверть – перемещается на автомобиле, и всего лишь 4 % ренпондентов каждый день используют велосипед в качестве основного транспорта. Это показывает, что над популизацией велосипедов в качестве основного транспорта еще нужно поработать.

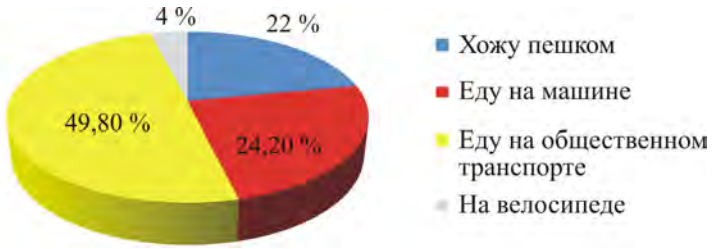


Рис. 3. Виды транспорта, которые респонденты используют чтобы добраться до места работы/учебы

С помощью следующего вопроса опросника мы получили информацию о том, насколько жители города обращают внимание на смог. Как показал результат социологического опроса, большая часть опрошенного населения – 78,4 % – замечают смог чаще в зимний период, в то время как 13,9 % респондентов замечают смог чаще в летний период и 7,7 % не замечают его (рис. 4).

Исследования и статистические данные показывают, что смог в зимний период отрицательно влияет на качество жизни жителей города, особенно остро эту проблему ощущают жители верхних этажей многоэтажных жилих комплексов. В связи с этим фактом мы решили с помощью опросника узать мнение жителей города, как влияет смог на качество жизни в зимний период. Среди всех респондентов 76,9 % ответили что смог ухудшает качество жизни, 16,1 % ответили, что смог не влияет на качество жизни, а 7 % затруднились ответить на данный вопрос.

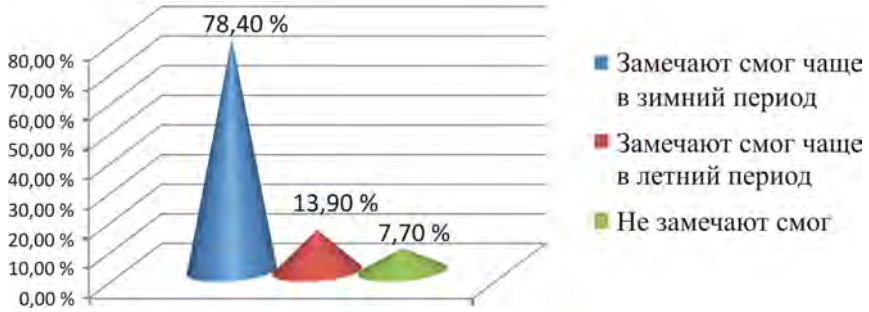


Рис. 4. Процентный оказатель того, насколько жители замечают смог в г. Астане

В ответах на следующий вопрос жители высказали свое мнение о том, насколько загрезнен воздух г. Астаны, оценив его качество по 10-балльной шкале, где 1 балл – «Воздух не загрезнен», 10 баллов – «Воздух очень сильно загрезнен» (рис. 5).

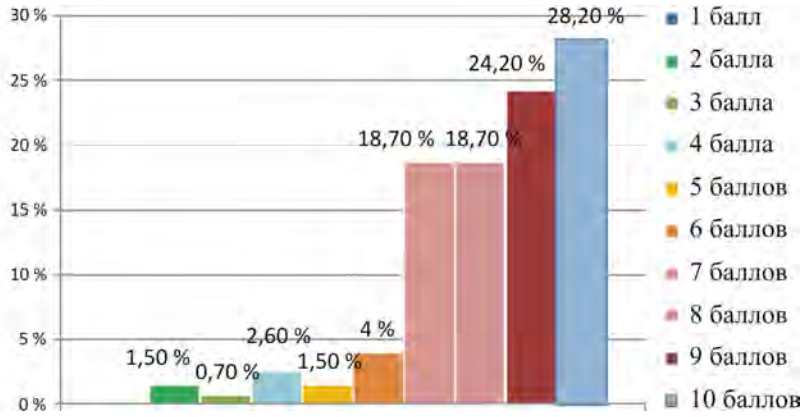


Рис. 5. Оценка загрязненности воздуха г. Астаны по 10-балльной шкале

Многие эксперты отметили, что во время введения карантинные мер качество воздуха в г. Астане значительно улучшилось. Мнение жителей по поводу данных изменений можно наглядно посмотреть на рис. 6.

Дыхательная система является уникальной, поскольку она единственная находится в непосредственном контакте с окружающей средой. Вдыхание атмосферного воздуха всегда сопряжено с опасностью, поэтому его качество является критическим для сохранения здоровья. В структуре заболеваемости населения респираторные расстройства являются бесспорными лидерами с большим отрывом от второго места (22,9 тыс. на 100 тыс. населения по сравнению с 13,4 тыс на 100 тыс. населения для заболеваний сердечно-сосудистой системы). Нозологические формы респираторных заболеваний представлены обструктивными состояниями (хроническая обструктивная болезнь легких, бронхиальная астма), последствиями пылевой седиментации (гипоплазия, бронхоэктазия, интерстициальные болезни легких), доброкачественные и злокачественные поражения дыхательной системы вследствие плохой экологии. Следовательно, нетрудно заметить взаимосвязь между каче-

ством воздуха и болезнями органов дыхания. Анализируя данные, которые показаны на рис. 7, можно отметить масштабы распространенности болезней органов дыхания среди наших респондентов и их знакомых.

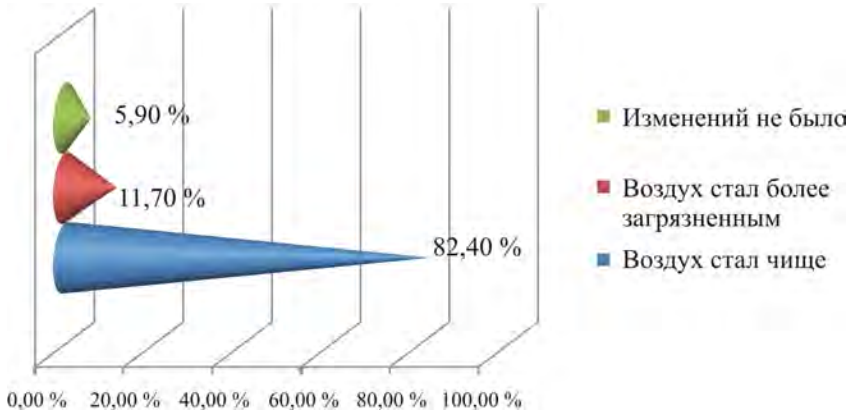


Рис. 6. Изменения качества воздуха во время карантина

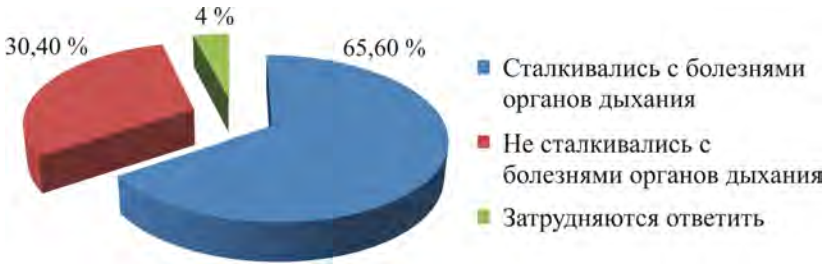


Рис. 7. Распространенность болезней органов дыхания, которые связаны с качеством воздуха в г. Астане

Учитывая тот факт, что данные социологического опроса по поводу заболеваний могут искажать реальность, так как при ответе на вопрос чаще всего респондент сам себе ставит диагноз, мы решили уточнить, насколько часто респонденты обращаются за квалифицированной помощью в медицинские учреждения при возникновении симптомов заболеваний органов дыхания. Данные по обращаемости респондентов предоставлены на рис. 8.

Специалисты общественного здравоохранения выделяют следующие способы снижения выбросов в атмосферу: абсорбционный (поглотительный) является физическим методом и, следовательно, одним из самых безопасных: установка фильтров из различных абсорбентов (активированный уголь, известняк), которые представляют собой природные поглотители и обеспечивают качественную очистку, однако требуют постоянного дорогостоящего ухода и частой замены. Пользователи абсорбентов отмечают громоздкость установок и большое количество суррогатных отходов, которые представляют дополнительную экологическую угрозу. К химическим методам относят процесс окисления горючих примесей, что, однако, сопровождается выбросом диоксида углерода, разрушающего парниковый слой земли. Таким обра-

зом, решение краткосрочных задач усугубляет долгосрочные перспективы загрязнения воздуха.

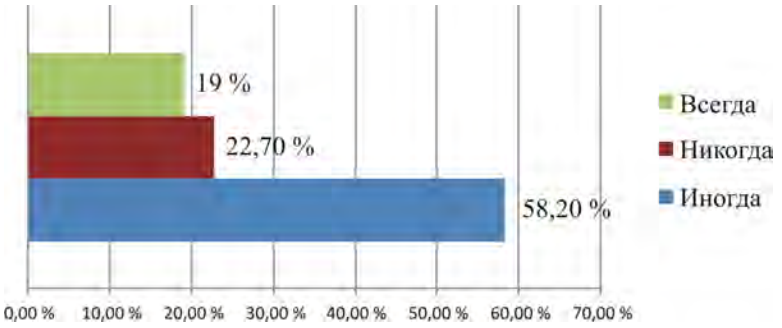


Рис. 8. Данные по обращаемости респондентов в медицинские учреждения при возникновений симптомов болезней органов дыхания

Переход на «зеленое» топливо активно приветствуется по всему миру. Развитые страны (Япония, Швеция) перешли на электричество и биотопливо для общественного транспорта с одновременными программами по увеличению популярности коммуникативных передвижений. Совершенствование двигателей для автотранспорта занимает ключевую позицию в структуре стартапов.

Менеджмент геопозиции крупных городов следует направить на регулирование потоков направления и скорости движения воздуха. Для этого следует сконцентрировать индустриальные районы и создать парковые пояса для зон частого обитания граждан.

Следует поддержать и продолжить реформы по раздельному сбору твердых бытовых отходов, для чего следует активизировать наглядные пособия, социальные радио- и видеоролики, усилить пропаганду экологичного подхода к мусору. Переработка мусора также нуждается в пересмотре, с целью уменьшения испарений метана и других газов распада.

Следующим решением может стать популяризация таких биоудобрений, как навоз, гумус, перегной, и других органических остатков. Отказ от химикатов при производстве сельскохозяйственной продукции позволит повысить содержание нутриентов в продуктах питания и косвенно положительно повлияет на качество воздуха.

Препятствие процессу дефорестации и опустыниванию местности является задачей, которая не должна быть нивелирована на фоне высокотехнологичных решений.

Таким образом, перечисленные решения нуждаются в закреплении в регулярном законодательстве, что позволит обеспечить их выполнение, так же, как и последующие мониторинг и контроль. Служба общественного здоровья должна активно участвовать в решениях градоорганизации, санитарного просвещения и продвижения экологичного образа жизни.

Список литературы

1. Троценко А.А., Журавлева Н.Г. Влияние экологических факторов на неспецифическийиммунитет человека, проживающего в условиях Северо-Запада // Вестник МГТУ. – 2017. – Т. 9, № 5. – С. 851–857.

2. Алексеев С.В., Пивоваров Ю.П., Янушанец О.И. Экология человека: учебник. – М.: Икар, 2018. – 769 с.

3. Бадер О.Н. Археологические памятники, их охрана и методы первичного изучения. – М.: Наркомпрос РСФСР, 2016. – 33 с.

4. Гичев Ю.П. Загрязнение окружающей среды и экологическая обусловленность патологии человека: аналитический обзор / ГПНТБ СО РАН. – Новосибирск, 2018. – 138 с.

5. Доршакова Н.В. Качество окружающей среды республики Карелия и заболеваемость населения бронхолегочной патологией // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 6. – С. 80–81.

6. Влияние факторов среды обитания на заболеваемость органов дыхания населения северных регионов / Н.В. Ефимова, А.Ю. Горнов, И.В. Тихонова, Т.С. Зароднюк [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6. – URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25581 (дата обращения: 12.06.2023).

7. Загрязнение воздуха и здоровье детей: рекомендуем чистый воздух: резюме. – Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2018. (WHO/CED/PHE/18.01). Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

8. WHO's global ambient air quality database – update 2018 [Электронный ресурс]. – Geneva: World Health Organization, 2018. – URL: http://www.who.int/airpollution/data/cities/ (дата обращения: 12.06.2023).

9. Линченко С.Н., Хан В.В. О влиянии экологических факторов на состояние здоровья молодежи призывного возраста в Краснодарском крае // Известия Акад. пром. экологии. – 2018. – № 1. – С. 12–16.

10. Линченко С.Н. Экологическое состояние окружающей природной среды и здоровье человека. – Краснодар, 2019. – 64 с.

Влияние выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух промышленного предприятия ООО «Оргсинтез» на условия проживания населения Саратовской области

М.П. Ломанцова, Т.О. Позняк, Т.С. Черкасская, В.В. Кудря

ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Саратовской области» Роспотребнадзора,
г. Саратов, Россия

Проблема загрязнения атмосферного воздуха в настоящее время является наиболее актуальной. На территории Саратовской области по состоянию на 2022 г. насчитывается более 3000 заводов и производственных предприятий, имеются трубопроводы, используемые для транспортировки нефти и газа, – все они способствуют ухудшению экологической

обстановки, что оказывает существенное влияние на здоровье населения. Химические компоненты, попадающие в окружающую среду в связи с антропогенной деятельностью человека, приводят к изменению атмосферы, почвы и воды. Ухудшение показателей качества среды обитания и здоровья населения, ставит сложные задачи по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия. На примере одного из предприятий Саратовской области был проведен анализ влияния загрязняющих веществ, выделяемых в атмосферный воздух, на здоровье человека.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязняющие вещества, здоровье человека, предприятие, выбросы.

На условия проживания населения области влияет загрязнение среды обитания. Контроль за состоянием химического загрязнения атмосферного воздуха занимает особое место в оценке факторов, оказывающих негативное воздействие на человека, его состояние здоровья [1].

В рамках проведения санитарно-эпидемиологической экспертизы проекта санитарно-защитной зоны для ООО «Саратоворгсинтез» и оценки ингаляционного химического риска здоровью населения в районе размещения данного предприятия, а также с целью подтверждения ранее установленной санитарно-защитной зоны по результатам оценки риска здоровью населению в связи с проектируемым строительством узла приема щелочных стоков в цехе производства цианида натрия и дегазации цианистых стоков был проведен анализ выделяемых предприятием загрязняющих химических веществ и возможном их влиянии на здоровье человека

Предприятие ООО «Саратоворгсинтез» относится к I классу опасности. Основной вид деятельности предприятия – производство прочих основных органических химических веществ. Ближайшие нормируемые территории (для ведения садоводства), на которую могут оказывать влияние выбросы предприятия, находятся на расстоянии 105 и 110 м от границы промплощадки в юго-восточном направлении. Ближайшая жилая зона располагается на расстоянии 1030 м от границы промплощадки в северо-западном направлении. Численность населения в жилой застройке в зоне влияния выбросов загрязняющих веществ ООО «Саратоворгсинтез» составляет 259 206 человек.

На предприятии имеется 159 источников выбросов загрязняющих веществ. От источников выбросов примесей ООО «Саратоворгсинтез» с учетом загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух предприятиями, находящимися на одной промышленной площадке с изучаемым объектом, в атмосферу выделяется 47 загрязняющих веществ с валовым выбросом 7718,9512 тв год. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от площадки ООО «Саратоворгсинтез» представлены в основном веществами 3-го класса опасности (44,83 %).

Для анализа влияния загрязняющих веществ, выделяемых в атмосферный воздух ООО «Оргсинтез», выполнены четыре этапа оценки риска «Идентификация опасности», «Оценка зависимости “доза – ответ”», «Оценка экспозиции», «Характеристика риска» в соответствии с нормативным документом Р 2.1.10.1920-04.

Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха при работе ООО «Саратоворгсинтез» вносят свинец, хром, азота диоксид, аммиак, азота оксид, гидроцианид, углерод, серы диоксид, дигидросульфид, углерода оксид, фтор, метан, пропен, бензапирен, гидроксибензол, проп-2-ен-1-аль, формальдегид, проп-2-еннитрил, проп-2-енамид. Эти вещества отнесены к категориям: канцерогены,

имеющие факторы канцерогенного потенциала, вещества с высоким рангом по валовому выбросу и по неканцерогенной опасности, примеси, являющиеся типичными загрязнителями городской среды. При вдыхании они попадают в кровоток и нарушают работу кровеносных сосудов. Крупные частицы с диаметром до 0,01 мм способны повреждать верхние дыхательные пути [2].

Проп-2-еннитрил (акрилонитрил) оказывает негативное влияние на органы дыхания. Его пары раздражающе действуют на кожу и слизистую оболочку глаз, вызывают тяжелые аллергические реакции, головокружение, сердцебиение, судороги, тошноту, одышку, слабость. При длительном воздействии на организм может стать причиной онкологических заболеваний, а попадание внутрь приводит к сильнейшему отравлению вплоть до летального исхода.

Аммиак – газообразное токсичное, пожаро- и взрывоопасное вещество. При отравлении аммиаком легкой степени возникает охриплость голоса, боль, кашель с выделением кровянистой мокроты (острый ларингит, трахеит, трахеобронхит). В случаях отравления средней степени тяжести – кашель с кровянистой мокротой, ожог слизистой оболочки верхних дыхательных путей с отторжением некротизированых участков (опасность асфиксии), метгемоглобинемия. При тяжелых отравлениях – сильный приступообразный кашель с пенистой мокротой, возникает удушье, временная слепота. Развивается резкое расстройство дыхания и кровообращения. Возможно развитие воспаления легких и токсического отека легких [5].

Метан при вдыхании оказывает токсическое действие на организм. Проникает в организм при вдыхании, заменяет кислород и разноситься кровью. В результате наступает сильное кислородное голодание. Поражается центральная нервная система, подавляется дыхание, возникает удушье.

Формальдегид оказывает воздействие на организм. При ингаляции наблюдается раздражение слизистой оболочки глаз (слезотечение) и верхних дыхательных путей, спазм и отёк гортани, кашель, одышка, бронхит, пневмония. При попадании на кожу появляется дерматит, коагуляционный некроз кожи. При поступлении внутрь обычно возникают ожоги пищеварительного тракта, жжение во рту, за грудиной и в подложечной области. Всё это может сопровождаться тошнотой и рвотой с кровью. Поражение печени и почек. Большие концентрации формальдегида могут привести к коме. Кроме того может возникнуть повреждение сердечной мышцы, при этом в крови развивается гемолиз и лейкопения [4].

Свинец создает угрозу, прежде всего, здоровью и умственному развитию подрастающего поколения – будущему всего человечества. Свинец создает условия для запуска каскада патобиохимических реакций, приводящих к увеличению концентрации продуктов перекисного окисления липидов. Всасывание свинца, происходит в основном в бронхиолах и альвеолах, откуда он проникает непосредственно в кровь. Таким образом, при свинцовом отравлении больше всего страдают сердечно-сосудистая и дыхательная системы. Воздействие свинца неблагоприятно влияет и на репродуктивную систему [3].

В расчетах канцерогенного и неканцерогенного риска использовались концентрации, полученные в результате моделирования распространения и поведения химических веществ в атмосферном воздухе. Результаты выполненных расчетов хронического комбинированного воздействия загрязняющих веществ на человека показали, что наиболее повреждаемыми органами и системами являются: органы

дыхания, центральная нервная система, кровь, сердечно-сосудистая система, почки, глаза, иммунная система, репродуктивная система.

На органы дыхания негативное влияние оказывают хром, азота диоксид, аммиак, азота, углерод, серы диоксид, дигидросульфид, фтор, пропен, гидроксибензол, проп-2-ен-1-аль, формальдегид, проп-2-еннитрил, метан. На ЦНС воздействуют свинец, гидроцианид, углерода оксид, метан, гидроксибензол, проп-2-енамид. На кровь могут влиять свинец, углерода оксид, азота диоксид, азота оксид. На процесс развития воздействуют свинец, углерода оксид, бензапирен. На сердечно-сосудистую систему влияют гидроцианид, углерода оксид, гидроксибензол, метан. На почки действуют свинец, гидроксибензол. Глаза могут быть повреждены проп-2-ен-1-алем, формальдегидом. На иммунную систему обладают однонаправленным действием два химических вещества – бензапирен, формальдегид. Репродуктивная система подвергается действию свинца, гидроцианида, проп-2-еннитрила.

Индексы опасности токсических веществ без учета фона не превышают 1,0 во всех рецепторных точках, такое воздействие характеризуется как допустимое при воздействии загрязняющих веществ от ООО «Саратоворгсинтез». Индексы опасности токсических веществ с учетом фона превышают 1,0 со стороны органов дыхания, крови, иммунной системы, глаз за счет долгопериодных фоновых концентраций формальдегида, азота диоксида.

Рассчитывались и оценивались индивидуальный, суммарный, популяционный и годовой канцерогенные риски по формулам из Р 2.1.10.1920-04.

Полученные результаты расчетов показали, что диапазон значений индивидуального канцерогенного риска составил:

– для свинца: на границе СЗЗ от 4,88E-13 до 6,35E-12, на территории жилой застройки от 8,51E-14 до 4,55E-12, на садовых участках от 7,56E-14 до 5,91E-12;

– для хрома: на границе СЗЗ от 4,71E-08 до 1,18E-06, на территории жилой застройки от 6,74E-09 до 1,58E-07, на садовых участках от 6,78E-09 до 9,61E-07;

– для углерода: на границе СЗЗ от 3,02E-11 до 5,88E-09, на территории жилой застройки от 2,57E-12 до 1,22E-10, на садовых участках от 2,91E-12 до 3,50E-09;

– для бензапирена: на границе СЗЗ от 1,28E-10 до 3,40E-10, на территории жилой застройки от 3,34E-11 до 4,98E-10, на садовых участках от 3,39E-11 до 4,94E-10;

– для формальдегида: на границе СЗЗ от 8,40E-11 до 2,09E-09, на территории жилой застройки от 1,27E-11 до 2,66E-10, на садовых участках от 1,30E-11 до 1,71E-09;

- для проп-2-еннитрила: на границе СЗЗ от 6,66E-06 до 3,73E-05, на территории жилой застройки от 1,21E-06 до 2,76E-05, на садовых участках от 1,28E-06 до 4,19E-05;

– для проп-2-енамида: на границе СЗЗ от 5,84E-06 до 3,17E-05, на территории жилой застройки от 1,30E-06 до 1,78E-05, на садовых участках от 1,25E-06 до 4,25E-05.

Индивидуальные канцерогенные риски, обусловленные воздействием свинца, хрома (кроме границы СЗЗ), бензапирена, формальдегида, углерода, на всех изучаемых территориях относятся к первому диапазону, это риски в течение всей жизни равные или менее 10^{-6}. Подобные риски не требуют никаких допол-

нительных мероприятий по их снижению и их уровни подлежат только периодическому контролю.

Индивидуальные канцерогенные риски, обусловленные воздействием хрома на границе СЗЗ, проп-2-еннитрила, проп-2-енамида, на всех изучаемых территориях относятся ко второму диапазону, это риски в течение всей жизни более $1 \cdot 10^{-6}$, но менее $1 \cdot 10^{-4}$, они соответствует предельно допустимому риску, т.е. верхней границе приемлемого риска. Данные уровни подлежат постоянному контролю.

Диапазон суммарных канцерогенных рисков составляет от 2,52E-06 до 7,31E-05 на изучаемых территориях, что относится ко второму диапазону, это риски в течение всей жизни более $1 \cdot 10^{-6}$, но менее $1 \cdot 10^{-4}$, они соответствует предельно допустимому риску, т.е. верхней границе приемлемого риска. Наибольший вклад в суммарные индивидуальные канцерогенные риски вносит проп-2-енамид.

Популяционный канцерогенный риск отражает дополнительное (к фоновому) числу случаев злокачественных новообразований, способных возникнуть на протяжении жизни, популяционный годовой риск – в течение года. Прогнозируемый популяционный канцерогенный риск составляет от 1,47E-12 до 1,36E-01, популяционный годовой риск от 2,1E-14 до 1,9E-03.

Управление здоровьем может осуществляться на основании информации, полученной из систем мониторинга, условий жизни и медико-демографического статуса населения территорий. Социально-гигиенический мониторинг, прежде всего, непосредственно нацелен на выяснение роли санитарно-гигиенических факторов, среди которых одно из важных мест занимает техногенное загрязнение среды обитания [1].

Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Саратовской области» осуществляет проведение социально-гигиенического мониторинга на территории Саратовской области. Перечень мониторинговых точек по исследованию атмосферного воздуха в зоне влияния промпредприятий Саратовской области ежегодно утверждается руководителем Управления Роспотребнадзора по Саратовской области. В перечень мониторинговый точек включен отбор проб атмосферного воздуха от предприятия ООО «Саратоворгсинтез». В 2022 г. отбор проб проводился в мае, июле и октябре в трех точках: точка 1 – сады ОПХ / жилпоселок ОПХ, точка 2 – Район ТЭЦ-2 (жилая застройка), точка 3 – п. Комсомольский (у гимназии № 5). Отбор проб осуществлялся на следующие показатели: азота диоксид, сера диоксид, углерода оксид, аммиак, цианистый водород, акрилонитрил, углеводороды. При анализе протоколов лабораторных исследований атмосферного воздуха от предприятия ООО «Саратоворгсинтез» превышений гигиенических нормативов не выявлено.

Список литературы

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году по Саратовской области: материалы Государственного доклада. – Саратов: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Саратовской области, 2021. – С. 10–13, 17–23.

2. Дуденкова Н.А., Каргина Н.М., Бакаева О.Н. Исследование влияния свинца на организм человека (обзор литературы) // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса: материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (Молодежный), 2020. – С. 249–254.

3. Захарова А.В. Влияние формальдегида на организм [Электронный ресурс] // Международный студенческий научный вестник. – 2014. – № 3. – URL: https://eduherald.ru/ru/article/view?id=11900 (дата обращения: 12.08.2023).

4. Горюнов В.А., Кириченко И.Д. Влияние аммиака на организм человека // Проблемы и перспективы безопасности жизнедеятельности: интеграция наук, традиции и инновации: сборник статей I Всероссийской научно-практической конференции. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2019. – С. 136–138.

Влияние атмосферного воздуха на болезни органов дыхания

Ф.Т. Амирсеитова, А.А. Мусина, Р.К. Сулейменова, Н.К. Жунисали

НАО «Медицинский университет Астана»,
г. Астана, Республика Казахстан

Выполнен статистический анализ заболеваемости городского населения, причиной которой явилось возможное ухудшение экологической ситуации. Определена взаимосвязь между структурой заболеваемости населения и существующими экологическими рисками, причиной которых является загрязнение атмосферного воздуха.

Ключевые слова: воздух, заболевания, дыхание, отходы, вредные вещества.

Выбросы в атмосферный воздух крупных городов представляют собой значительный интерес для исследований. Основными источниками загрязнений являются свинец, бензапирен и формальдегид. Происхождение данных соединений различно: они входят в состав эмиссии транспортных газов (70 %), образуются в результате работы фреон-содержащих устройств (12 %), содержатся в продуктах сжигания твердого топлива для отопления (17 %). Специалисты отмечают, что именно эти три фактора способствуют высокому и очень высокому уровню загрязнения атмосферного воздуха [1]. В атмосферном воздухе крупных городов Казахстана помимо вышеуказанных химических элементов, присутствуют азот, углерод и оксид серы – все они входят в соединения 3, 4-х классов опасности (Казгидромет) [2, 3].

Учеными доказано, что ежегодно из-за загрязнения воздуха умирают около 3 млн человек (каждая девятая смерть). Казахстан, как и многие другие государст-

ва, прочно закрепился в списке стран с крайне негативными экологическими тенденциями [4, 5].

Таким образом, учитывая вышеизложенное, нами было проведено исследование влияния чистоты воздуха на болезни органов дыхания.

Цель исследования – определить взаимосвязь между структурой заболеваемости населения и существующими экологическими рисками.

Материалы и методы. В качестве метода исследования выбраны статистические данные последних трех лет по заболеваемости городского населения (болезни органов дыхания, сердечно-сосудистой системы и болезни почек), причиной которой явилось возможное ухудшение экологической ситуации.

Методы исследования – статистический анализ. В воздухе измерялись концентрации взвешенных веществ, диоксида серы, оксида углерода, диоксида азота, оксида азота и фтористого водорода. Увеличение эмиссии вредных веществ в атмосферу города в основном обусловлено ростом валовых выбросов на 11,5 % от стационарных источников загрязнения и главным образом от теплоэлектроцентрали (на 28,0 %), а также значительным объемом валовых выбросов от передвижных источников загрязнения воздуха (более 92,9 тыс. т, что составляет свыше 51 % от общих валовых выбросов).

Если валовые выбросы загрязняющих веществ от теплоэлектроцентрали увеличились на 11,5 %, то по другим стационарным источникам загрязнения (среди них автономные котельные на угле, дизтопливе и др.) выбросы в 2021 г. (по сравнению с 2019 г.) сократились на 15,1 %. Это обусловлено тем, что заключения госэкологической экспертизы выдавались только в случае использования более экологически безопасного топлива (например, вместо угля – газ, электричество).

Результаты. Анализ показал, что увеличение числа автономных котельных связано с нехваткой мощностей теплоэлектроцентрали и отсутствием сетей теплоснабжения, но их увеличение не привело к росту выбросов. Основным источником роста выбросов в атмосферу взвешенных веществ, фторида водорода, диоксидов серы и азота является увеличением количества автотранспортных средств.

По итогам 2021 г. в городе выдача согласований на установку газобаллонного оборудования на автотранспортные средства по сравнению с 2020 г. снизилась на 29,5 %. Однако в столице в целом увеличивается количество транспорта, использующего экологически чистое газомоторное топливо. Их количество на 01.01.2022 было 27 252 единиц. С целью сокращения образования пыли, уменьшения выбросов загрязняющих веществ в результате простоя машин на холостом ходу (на перекрестках), а также снятия транспортной напряженности в городе в 2018 г. построено и отремонтировано 98 улиц, протяженностью 71,8 км, в том числе 22 магистральные улицы (протяженностью 21 км) и 53 улицы (протяженностью 31 км) в жилых массивах. Проведен средний ремонт 17 км дорожного покрытия на 12 центральных улицах.

Во время исследования от респондентов была получена информация об их месте жительстве, так как качество атмосферного водуха зависит от наличия зданий, магистралей, жилых комплексов, производственных площадей и зеленых зон.

Учитывая, что на качество воздуха значительно влияет способ отопления жилых помещений, мы решили в анкетирование включить вопрос о виде отопления жилого помещения (рисунок).

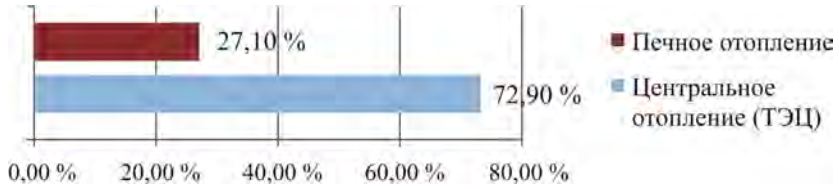


Рис. Тип отопления жилых помещений респондентов

Исследования и статистические данные показывают, что смог в зимний период отрицательно влияет на качество жизни жителей города, особенно остро эту проблему ощущают жителей верхних этажей многоэтажных жилих комплексов. Дыхательная система является уникальной, поскольку она единственная, которая находится в непосредственном контакте с окружающей средой. Вдыхание атмосферного воздуха всегда сопряжено с опасностью, поэтому его качество является критическим для сохранения здоровья. В структуре заболеваемости населения, респираторные расстройства являются бесспорными лидерами (22,9 тыс. на 100 тыс. населения, по сравнению с 13,4 тыс. на 100 тыс. населения для заболеваний сердечно-сосудистой системы). Нозологические формы респираторных заболеваний, представленные обструктивными состояниями (хроническая обструктивная болезнь легких, бронхиальная астма), последствия пылевой седиментации (гипоплазия, бронхоэктазия, интерстициальные болезни легких), доброкачественные и злокачественные поражения дыхательной системы являются следствием плохой экологии.

Специалисты общественного здравоохранения выделяют следующие способы снижения выбросов в атмосферу:

– абсорбционный (поглотительный) является физическим методом и, следовательно, одним из самых безопасных;

– установка фильтров из различных абсорбентов (активированный уголь, известняк), которые представляют собой природные поглотители, обеспечивают качественную очистку, но требуют постоянного дорогостоящего ухода и частой замены [6].

Развитые страны (Япония, Швеция) перешли на электричество и биотопливо для общественного транспорта с одновременными программами по увеличению популярности коммуникативных передвижений. Совершенствование двигателей для автотранспорта занимает ключевую позицию в структуре стартапов [7].

Препятствие процессу дефорестации и опустыниванию местности является задачей, которая не должна быть нивелирована на фоне высокотехнологичных решений [8].

Таким образом, перечисленные решения нуждаются в закреплении в регулярном законодательстве. Это позволит обеспечить не только их выполнение, но и последующий мониторинг и контроль. Служба общественного здоровья должна активно участвовать в решениях градоорганизации, санитарного просвещения и продвижения экологичного образа жизни.

Выводы. Влияние твердых примесей на состояние здоровья населения становится опаснее из года в год. Тонкодисперсные частицы находятся в воздухе во взвешенном состоянии в течение длительного времени и переносятся на длинные расстояния. Предполагается, что вредные частицы из легких попадают в кровь, а значит

и в разные части тела, и оказывают влияние на сердце. В настоящее время наиболее распространенный способ борьбы с загрязнителями воздуха заключается в удалении загрязняющих веществ как можно дальше от места выброса.

Многочисленные исследования подтвердили связь широкого спектра заболеваний с загрязнением воздуха. Но следует отметить, что выбросы в атмосферу представляют собой смесь различных загрязнителей, поэтому только в редких случаях удается связать определенное заболевание со специфичным загрязняющим веществом. Многие факторы, такие как состояние здоровья, возраст, емкость легких и время, проведенное в загрязненной среде, могут повлиять на эффект, производимый загрязняющими веществами на здоровье.

Крупные частицы загрязняющих веществ могут отрицательно воздействовать на верхние дыхательные пути, тогда как частицы меньшего размера могут проникать в мелкие дыхательные пути и альвеолы легких. Люди, подверженные воздействию загрязнителей воздуха, могут испытывать как краткосрочные, так и отдаленные последствия в зависимости от действующих факторов. Следовательно, загрязнение окружающей среды в городах влияет на повышение числа обращений к скорой помощи и госпитализации с заболеваниями легких, сердца и инсультами.

Список литературы

1. Гичев Ю.П. Загрязнение окружающей среды и экологическая обусловленность патологии человека: аналитический обзор. – Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2018. – 138 с.

2. Троценко А.А., Журавлева Н.Г. Влияние экологических факторов на неспецифическийиммунитет человека, проживающего в условиях Северо-Запада // Вестник МГТУ. – 2019 – Т. 9, № 5. – С. 851–857.

3. О состоянии окружающей среды Республики Казахстан: информационный бюллетень РГП «Казгидромет». – Астана, 2021. – 49 с.

4. Алексеев С.В., Пивоваров Ю.П., Янушанец О.И. Экология человека: учебник. – М.: Икар, 2018. – 769 с.

5. Муратова Н.Т., Мадибеков А.С. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха Астаны [Электронный ресурс] // Молодой ученый. – 2019. – № 20 (258). – С. 64–69. – URL: https://moluch.ru/archive/258/59060/ (дата обращения: 10.06.2021).

6. Загрязнение воздуха и здоровье детей: рекомендуем чистый воздух. Резюме. – Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2018. – 18 с.

7. Линченко С.Н. Экологическое состояние окружающей природной среды и здоровье человека. – Краснодар, 2019. – 64 с.

8. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин, С.Л. Авалиани, К.А. Буштуева. – М., 2018. – 408 с.

Качество атмосферного воздуха промышленного города и оценка его влияния на здоровье населения (на примере г. Волгограда и г. Волжского Волгоградской области)

Д.К. Князев, Н.В. Аброськина

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Волгоградской области, г. Волгоград, Россия

Исследовано качество атмосферного воздуха ведущих промышленных городов Волгоградской области (Волгоград, Волжский). Проанализированы динамика и структура выбросов загрязняющих веществ в атмосферу волгоградской агломерации. Выполнена оценка неканцерогенного риска здоровью населения от химических веществ, содержащихся в атмосферном воздухе. Идентифицированы приоритетные поражаемые органы и системы организма человека, предложены общие предложения по минимизации риска здоровью населения от выявленных приоритетных поллютантов.

Ключевые слова: социально-гигиенический мониторинг, риск здоровью населения, чистый воздух, загрязнение атмосферы городов, ущерб здоровью.

Качеству атмосферного воздуха в настоящее время уделяется повышенное внимание, так как он находится в постоянном контакте с организмом человека, и содержащиеся в нем загрязнители способны оказывать существенное влияние на здоровье человека. По этой причине в рамках социально-гигиенического мониторинга активно реализуется применение методологии оценки риска здоровью населения от химических веществ, содержащихся в атмосфере городов [1].

Действующие санитарно-гигиенические нормативы и подходы к оценке влияния загрязнителей на здоровье населения учитывают непродолжительное воздействие поллютантов на организм человека [2, 3]. Однако рядом зарубежных специалистов и отечественных ученых в области здравоохранения доказано, что при пожизненном воздействии химических агентов в концентрациях ниже предельно допустимой (ПДК) также могут развиваться неблагоприятные эффекты для здоровья. В связи с этим актуальность получила методология оценки риска здоровью человека при воздействии вредных веществ.

В рамках применения элементов оценки риска в деятельности Управления Роспотребнадзора по Волгоградской области и получения наиболее объективной картины о потенциальном вреде здоровью населения выполнена работа по оценке неканцерогенного риска при воздействии химических веществ, содержащихся в атмосферном воздухе, здоровью населения административных районов Волгограда (Дзержинского, Кировского, Красноармейского, Краснооктябрьского, Советского, Центрального и Тракторозаводского) и его города-спутника Волжского.

Цели исследования:

– выявление ведущих источников загрязнения атмосферного воздуха, приоритетных загрязнителей, населения под воздействием;

– количественная оценка неканцерогенных рисков развития неблагоприятных эффектов и определение вклада конкретных веществ в формирование неканцерогенного риска;

– выявление приоритетных органов и систем организма, в первую очередь подверженных риску поражения;

– формулирование первоочередных мероприятий и предложений в рамках разработки управленческих решений, направленных на минимизацию рисков здоровью населения.

По данным Государственного доклада «О состоянии окружающей среды в Волгоградской области» Облкомприроды [4] к числу ведущих стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха Волгоградской агломерации отнесены:

– *в Волгограде:* ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка», Филиал АО «Каустик» «Волгоградская ТЭЦ-3», ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго» Волгоградская ТЭЦ-2, «РУСАЛ Волгоград», АО «КАУСТИК», АО «ВМК «Красный Октябрь», «Волгоградский завод тех.углерода»;

– *в Волжском:* ОАО «Волжский абразивный завод», АО «Волжский Оргсинтез», ООО «Тепловая генерация г. Волжского» Волжская ТЭЦ, АО «Волжский трубный завод», ООО «Тепловая генерация г. Волжского» Волжская ТЭЦ-2, АО «Волтайр-ПРОМ», ОАО «Эктос-Волга», ОА «Текскор», ОАО «ЕПК Волжский».

По сравнению с 2021 г., в 2022 г. наблюдается снижение количества выбросов в атмосферу г. Волгограда на 7,9 % и увеличение на 3,5 % выбросов вредных веществ в атмосферу г. Волжском (рис. 1).

Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу за период 1995–2022 гг.: *а* – г. Волгоград; *б* – г. Волжский

В структуре выбросов загрязняющих атмосферу веществ преобладают газообразные и жидкие вещества: г. Волгоград – 97,4 %; Волжский – 96,1 % (рис. 2).

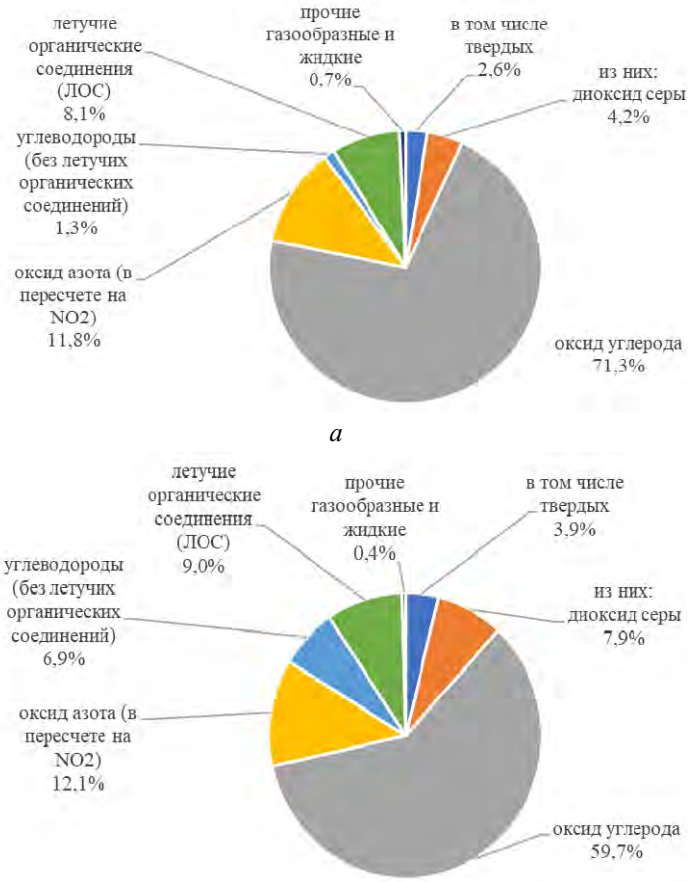


Рис. 2. Структура выбросов загрязняющих атмосферу веществ (2022 г.):
а – г. Волгоград; *б* – г. Волжский

Доля выбросов в атмосферу г. Волгограда в общем валовом выбросе загрязняющих веществ региона составляет 41,17 % (1-е ранговое место), г. Волжский – 24,05 % (2-е ранговое место).

В выбросах автомобильного транспорта присутствуют такие вредные примеси, как оксид углерода, диоксид азота, бензин, сажа, керосин, диоксид серы, формальдегид, бенз(а)пирен и др. Данные о количестве выбросов в атмосферу от автотранспорта экологическими службами не приводятся.

В качестве параметров для оценки неканцерогенного риска здоровью населения использовалась референтная концентрация для ингаляционного способа поступления (*RfC*). Превышение референтной концентрации не обязательно связано с развитием вредного эффекта. Однако чем выше воздействующая концентрация и чем больше она превышает референтную, тем выше вероятность развития вредных эффектов [5].

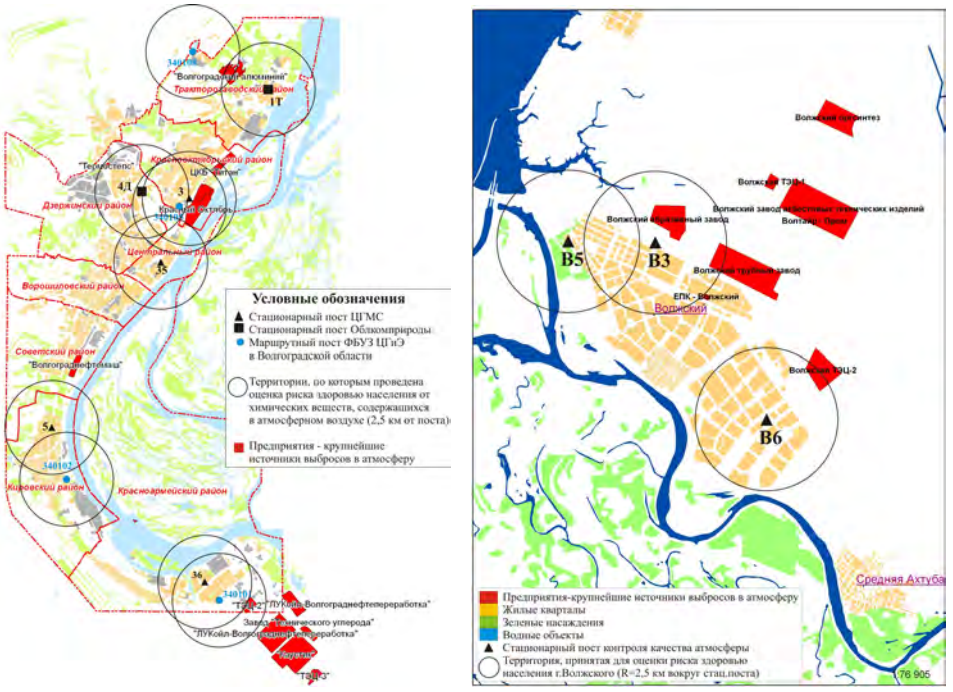
Оценить точно вероятность развития вредного эффекта невозможно, в связи с чем для характеристики риска здоровью использовались коэффициенты и индексы опасности (*HQ* и *HI*).

Если рассчитанный коэффициент опасности (*HQ*) для условий действия одного вещества или индекс опасности (*HI*) для группы веществ однонаправленного действия не превышает единицу, то вероятность развития у человека вредных эффектов при ежедневном поступлении вещества в течение жизни несущественна и такое воздействие характеризуется как допустимое.

Если коэффициент / индекс опасности превышает единицу, то вероятность возникновения вредных эффектов у человека возрастает пропорционально увеличению отношения *HQ*/*HI*.

Величина средней суточной концентраций вещества в атмосферном воздухе, усредненной с учетом ожидаемой продолжительности жизни человека, приравнивалась к среднегодовой концентрации соответствующего вещества в воздухе, полученной на основе натурных замеров ГУ «Волгоградский ЦГМС», Комитета природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области (Облкомприроды) и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Волгоградской области» на соответствующих стационарных и маршрутных постах (табл. 1).

Определение численности населения, подвергающегося воздействию, проведено следующим образом: на электронной карте г. Волгограда и г. Волжского (М 1:10 000) выделены кварталы селитебных зон, расположенные в радиусе 2,5 км от постов наблюдения (согласно рекомендациям ФБУЗ «ФЦ ГиЭ» Роспотребнадзора) (рис. 3) [6].



а *б*

Рис. 3. Схема оценки экспозиции для расчета риска здоровью населения г. Волгограда и г. Волжского: *а* – г. Волгоград; *б* – г. Волжский

Качество атмосферного воздуха каждого условного ареала характеризуют замеры концентраций химических веществ на соответствующих постах выше указанных учреждений. Соответственно, сделано допущение, что измеренная концентрация химического вещества распространяется на всю популяцию равномерно (см. табл. 1) [7].

Таблица 1

Концентрации веществ и численность популяции, потенциально подверженной воздействию

Рецепторная точка	Исследуемый химический агент	Фактическая концентрация С, мг/м³	Популяция под воздействием, кол-во человек	Частота воздействия
1	2	3	4	5
Волгоград				
Красноармейский район				
Пост № 36 – ЦГМС, пр-т Канатчиков 20	Взв. вещества Диоксид серы Азота диоксид Сероводород Сажа Углерода оксид Фенол Водорода хлорид Водорода фторид Аммиак	0,058 0,001 0,500 0,000 0,009 0,500 0,001 0,045 0,006 0,023	Около 70 000	Ежедневно
Пост № 340101, ФБУЗ, ул. 40 лет ВЛКСМ, 31б (Красноармейский район) Селитебная территория	Взв. вещества Азота диоксид Диоксид серы Сероводород Углерода оксид Фенол Водорода хлорид Аммиак	0,232 0,026 0,026 0,005 2,632 0,002 0,050 0,023	Около 70 000	Ежедневно
Кировский район				
Пост № 5 – ЦГМС, ул. 64-й Армии 24	Взв. вещества Диоксид серы Азота диоксид Сероводород Фенол Водорода хлорид	0,086 0,001 0,300 0,001 0,002 0,063	Около 75 000	Ежедневно
Пост № 340102, ФБУЗ, ул. Армавирская 13а	Азота оксид Диоксид серы Азота диоксид Аммиак Фенол Водорода хлорид Оксид углерода	0,040 0,029 0,026 0,024 0,002 0,052 2,086	Около 20 000	Ежедневно
Советский район				
Пост 2С, Облком-природы, ул. Тимирязева 9	Взв. вещества Диоксид серы Азота диоксид Углерода оксид Азота оксид	Замеры не проводились	Около 70 000	Ежедневно

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
Центральный район				
Пост № 35, ЦГМС, ул. Гагарина 14	Взв. вещества Диоксид серы Азота диоксид Сероводород Сажа Формальдегид Углерода оксид	0,052 0,004 0,500 0,001 0,003 0,008 0,300	Около 120 000	Ежедневно
Дзержинский район				
Пост 4Д, Облкомприроды, БСМП 25	Взв. вещества Серы диоксид Азота диоксид Углерода оксид Азота оксид	0,0118 0,004 0,010 0,200 0,010	около 140 000	ежедневно
Краснооктябрьский район				
Пост № 3, ЦГМС, пр-т Ленина 69	Взв. вещества Диоксид серы Азота диоксид Сероводород Формальдегид Углерода оксид Фенол Водорода фторид Азота оксид	0,286 0,003 0,600 0,001 0,009 0,600 0,002 0,004 0,300	Около 50 000	Ежедневно
Пост № 340105, ФБУЗ, ул. Базарова 4	Азота диоксид Оксид углерода Диоксид серы Формальдегид Фенол Взв.вещества Водорода фторид	0,029 2,062 0,029 0,002 0,002 0,154 0,002	Около 50 000	Ежедневно
Тракторозаводский район				
Пост 1Т, Облком-природы, ул. Мясникова 12	Взв.вещества Диоксид серы Азота диоксид Углерода оксид Азота оксид	0,0033 0,0125 0,0365 0,3881 0,0000	Около 90 000	Ежедневно
Пост 340108, ФБУЗ, ул. Костюченко 7б	Азота диоксид Диоксид серы Углерода оксид Азота оксид Формальдегид Фенол Водорода фторид Бенз(а)пирен Хлор	0,030 0,029 2,165 0,041 0,003 0,002 0,002 0,0000005 0,019	Около 10 000	Ежедневно
ВОЛЖСКИЙ				
Пост № В5 – ЦГМС (ул. Набережная 13)	Взвешенные в-ва Диоксид серы Азота диоксид Сероводород	0,089 0,006 0,015 0,001	Около 60 000	Ежедневно

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
	Сажа Формальдегид Углерода оксид Фенол Аммиак Азота оксид Метилмеркаптан	0,002 0,006 0,700 0,002 0,009 0,005 0,0002		
Пост № В3 – Облкомприроды (ул. Свердлова 2б)	Взвешенные в-ва Диоксид серы Азота диоксид Сероводород Углерода оксид Азота оксид	0,000 0,0097 0,0319 0,0029 0,4812 0,0187	Около 50 000	Ежедневно
Пост № В6 (Облкомприроды – г. Волжский, ул. Мира, 127А)	Диоксид серы Азота диоксид Сероводород Азота оксид	0,0152 0,0310 0,0013 0,0141	Около 100 000	Ежедневно

В результате проведенных исследований отмечается повышенный неканцерогенный риск здоровью населения от действия **отдельных веществ** (коэффициент опасности *HQ*) в:

Красноармейском районе:
– от диоксида азота (*HQ* = 12,5),
– от водорода хлористого (*HQ* = 2,25…2,50),
– от взвешенных веществ (*HQ* = 3,09),
– от сероводорода (*HQ* = 2,50);
Кировском районе:
– от диоксида азота (*HQ* = 7,50),
– от водорода хлористого (*HQ* = 2,60…3,15),
– от взвешенных веществ (*HQ* = 1,15);
Центральном районе:
– от диоксида азота (*HQ* = 12,5),
– от формальдегида (*HQ* = 2,67);
Краснооктябрьском районе:
– от диоксида азота (*HQ* = 15,0),
– от оксида азота (*HQ* = 5,00),
– от взвешенных веществ (*HQ* = 2,05…3,81),
– от формальдегида (*HQ* = 3,0);
Тракторозаводском районе:
– от действия хлора (*HQ* = 95,0).

В ходе расчета индекса опасности (*HI*), характеризующего риск здоровью населения от действия **группы веществ** однонаправленного действия, приоритетными поражаемыми органами и системами организма определены:

– *органы дыхания* (во всех исследованных районах Волгограда, кроме Дзержинского): в Красноармейском (*HI* = 9,82…16,55), в Кировском (*HI* = 5,07…12,65), в Центральном (*HI* = 16,5), в Тракторозаводском (*HI* = 1,20…98,48), в Краснооктябрьском (*HI* = 4,50…27,99);

– *система крови* (во всех исследованных районах Волгограда, кроме Дзержинского): в Красноармейском (*HI* = 1,53…12,67), в Кировском (*HI* = 2,02…7,50), в Центральном (*HI* = 12,6), в Тракторозаводском (*HI* = 1,04…2,15), в Краснооктябрьском (*HI* = 1,42…20,2).

Также выделены и другие органы и системы организма, подверженные риску воздействия от химических веществ, содержащихся в атмосферном воздухе: система кровообращения, центральная нервная система, иммунная система, глаза, развитие в диапазоне *HI* = 1,03…3,00 (табл. 2).

Таблица 2

Сводная таблица неканцерогенных рисков здоровью населения г. Волгограда

Район города	Ориентировочная численность исследуемой популяции, кол-во человек	Значение риска *HQ*	Ранг	Приоритетные поражаемые системы организма человека
Красноармейский	70 000	16,55 12,67	4 6	1. Органы дыхания 2. Система крови
Красноармейский	70 000	9,82 1,53 1,21 1,21	9 19 23 24	1. Органы дыхания 2. Система крови 3. Система кровообращения 4. ЦНС
Кировский	75 000	12,65 7,50	7 10	1. Органы дыхания 2. Система крови
Кировский	20 000	5,07 2,02 1,03 1,03	11 18 29 30	1. Органы дыхания 2. Система крови 3. Система кровообращения 4. Центральная нервная система
Центральный	120 000	16,50 12,6 2,67 2,67	5 8 15 16	1. Органы дыхания 2. Система крови 3. Иммун.система 4. Глаза
Дзержинский	140 000	---		---
Краснооктябрьский	50 000	**27,99** **20,2** 3,00 3,00	**2** **3** 13 14	1. Органы дыхания 2. Система крови 3. Иммун.система 4. Глаза
Краснооктябрьский	50 000	4,50 1,42 1,02 1,02	12 21 31 32	1. Органы дыхания 2. Система крови 3. Система кровообращения 4. Центр.нерв.система
Тракторозаводский	90 000	1,20 1,04	25 28	1. Органы дыхания 2. Система крови
Тракторозаводский	10 000	**98,48** 2,15 1,50 1,22 1,05 1,05	**1** 17 20 22 26 27	1. Органы дыхания 2. Система крови 3. Иммун.система 4. Сиситемы развития 5. Система кровообращения 6. Центр.нерв.система
ИТОГО:	695 000			

Примечание: «---» – риск не выявлен.

В результате оценки неканцерогенного риска здоровью населения г. Волжского установлено, что для жителей численностью в 60 000 человек, проживающих в районе размещения поста № В5 (ЦГМС, ул. Набережная, 13), выявлен неканцерогенный риск как от действия отдельных веществ (коэффициент опасности *HQ* для взвешенных веществ составил 1,19, для формальдегида – 2,00), так и для группы веществ однонаправленного действия (HI_{max} = 4,93 для органов дыхания).

Для жителей г. Волжского численностью в 50 000 человек, проживающих в районе размещения поста № В3 (Облкомприроды, ул. Свердлова, 2б), также выявлен неканцерогенный риск как от действия отдельных веществ (коэффициент опасности *HQ* для сероводорода составил 1,45), так и для условий одновременного поступления группы веществ однонаправленного действия (HI_{max} = 2,75 для органов дыхания).

Для жителей г. Волжского численностью в 100 000 человек, проживающих в районе размещения поста № В6 (Облкомприроды, ул. Мира, 127а), неканцерогенный риск здоровью от действия отдельных веществ не выявлен. Однако выявлен риск для условий одновременного поступления веществ однонаправленного действия (HI_{max} = 1,96 для органов дыхания) (табл. 3).

Таблица 3

Сводная таблица неканцерогенных рисков здоровью населения г. Волжского

Ориентировочная численность исследуемой популяции, кол-во человек	Значение риска	Ранг	Приоритетные поражаемые системы организма человека
60 000 ул. Набережная, 13	4,93 2,00 2,00	1 3 3	Органы дыхания Глаза Иммунная система
50 000 ул. Свердлова, 2б	2,75 1,27	2 5	Органы дыхания Система крови
100 000 ул. Мира, 127а	1,96 1,02	4 6	Органы дыхания Система крови
ИТОГО: 210 тыс.			

Для исследуемых популяций приоритетными поражаемыми системами организма явились органы дыхания, глаза, иммунная система, система крови.

Основной вклад в суммарный неканцерогенный риск здоровью населения (соответственно для постов наблюдения) вносят такие вещества, как сероводород (49,8…33,1 %), формальдегид (38,7 %), диоксид азота (27,4…39,5 %), взвешенные вещества (23,0 %).

С целью снижения риска здоровью населения от выявленных приоритетных загрязнителей, содержащихся в атмосферном воздухе, рекомендуется проведение следующих мероприятий по улучшению состояния среды обитания:

1. В отношении предприятий:

– продолжение работы по установлению / уточнению санитарно-защитных зон;

– установление единой санитарно-защитной зоны для групп промышленных объектов и производств с учетом суммарных выбросов в атмосферный воздух от источников промышленных объектов и производств, входящих в единую зону;

– снижение выбросов вредных веществ в атмосферный воздух от стационарных источников за счет технического перевооружения, реконструкции и модернизации производств;

– увеличение площади озеленения городских территорий.

2. В отношении автотранспорта:

– дополнительное научно обоснованное озеленение примагистральных территорий;

– перераспределение транспортных потоков, строительство объездной дороги для транзитного транспорта;

– усиление контроля за состоянием транспортных средств;

– оптимизация работы светофоров с целью создания «зеленой волны».

Кроме того, для улучшения показателей здоровья населения необходима разработка и проведение целенаправленной профилактики заболеваний, возникающих вследствие вредного воздействия факторов окружающей среды на системы организма, в наибольшей степени подверженные риску.

Список литературы

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Волгоградской области в 2022 году: Государственный доклад. – Волгоград: Управление Роспотребнадзора по Волгоградской области, 2023. – 259 с.

2. Попова Е.В., Вековшинина С.А., Балашов С.Ю. Опыт актуализации программ мониторинга качества атмосферного воздуха на примере пилотной территории федерального проекта «Чистый воздух» // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения – 2022: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022. – С. 97–102.

3. Воронова А.В. Особенности анализа мониторинговых исследований атмосферного воздуха при оценке рисков и ущербов здоровью населения // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения – 2022: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022. – С. 7–12.

4. О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2022 году: Доклад / Ред. колл.: Е.П. Православнова [и др.]; комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области. – Волгоград: «ТЕМПОРА», 2023. – 300 с.

5. Четверкина К.В., Хасанова А.А., Шур П.З. Особенности ключевых показателей для количественного анализа и ранжирования риска для здоровья // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения – 2022: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022. – С. 38–46.

6. Рыжаков Н.Н., Кислицин В.А., Додина Н.С. Особенности решения задач при расчете экспозиции в рамках оценки риска здоровью // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения – 2022: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022. – С. 19–23.

7. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

Оценка опасности радонового облучения для здоровья населения, проживающего вблизи разработки Шкурлатовского месторождения гранита

О.В. Клепиков[1,3], М.К. Кузмичев[2,3], С.А. Епринцев[1]

[1]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
[2]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Минздрава России,
[3]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» Роспотребнадзора,
г. Воронеж, Россия

Наличие месторождений гранита может являться фактором увеличения уровня содержания радона в жилых домах, расположенных вблизи таких мест. Целью работы являлась оценка радиационной и канцерогенной опасности, связанной с вероятным присутствием радона в жилых домах вблизи разработки Шкурлатовского месторождения гранита.

Использованы данные Единой системы контроля индивидуальных доз (ЕСКИД) за период 2017–2022 гг. и результаты инициативных натурных исследований (2023 г.) в 17 жилых домах, наиболее близко расположенных к гранитному карьеру (42 измерения объемной активности (ОА) радона в жилых помещениях). Определение средних эффективных годовых доз облучения населения проводилось за счет ингаляции изотопов радона (ЭРОА).

Результаты контроля радона в жилых домах вблизи разработки Шкурлатовского месторождения гранита показали, что интервал ЭРОА изотопов радона в деревянных домах составляет от 9,2 до 35,5 Бк/м^3, каменных – от 9,4 до 41,4 Бк/м^3, при средних показателях 21,2 ± 2,0 и 21,9 ± 1,8 Бк/м^3, что не отличается от данных, полученных по Павловскому району Воронежской области в целом. Низкие значения ЭРОА изотопов радона говорят об отсутствии опасности радонового облучения для здоровья населения, проживающего вблизи разработки Шкурлатовского месторождения гранита.

Ключевые слова: радон, месторождение гранита, жилые здания.

Радиационная и канцерогенная опасность, связанная с вероятным присутствием радона в жилых домах, активно изучается в зарубежных и отечественных исследованиях [1–4].

Наличие месторождений гранита может являться фактором увеличения уровня содержания радона в жилых домах, расположенных вблизи таких мест. Уровни содержания радона зависят как от радиологических характеристик гранита, так и от свойств вышележащих грунтов и мощности пластов. В частности, в статье A.M. Ruppert и др. (2020) указывается, что факторами риска развития рака легких после курения являются факторы окружающей среды, такие как радон, выделяющийся из земных пород, в том числе содержащих гранит [5].

По данным о публикациях крупнейшего отечественного портала «Электронная научная библиотека» (критериями поиска публикаций являлись ключевые слова «Павловскгранит», «Шкурлатовское месторождение», «Павловск Неруд» + «радон» или «радиологическое» или «радиационное» без учета морфологии слов, за весь период, по всем типам публикаций, включая поиск в названии, аннотации, ключевых словах), непосредственно вблизи Шкурлатовского месторождения гранита проводилось лишь два целевых радиологических исследования О.В. Бондарчук и Т.Н. Ждановой (2017), рассматривающих вероятное влияние радиационного фактора вблизи разработки этого месторождения на экосистемы [6, 7].

Учитывая фактическое отсутствие исследований по избранной теме вблизи Шкурлатовского месторождения гранита, задача по оценке результатов радонового контроля в жилых домах на данной конкретной территории является актуальной.

Отличие наших исследований от многочисленных других, изучающих проблему радона, заключается в том, что они впервые выполнены в жилых домах, которые наиболее близко расположены к месту разработки Шкурлатовского месторождения гранита.

Цель исследования – оценка радиационной и канцерогенной опасности, связанной с вероятным присутствием радона в жилых домах вблизи разработки Шкурлатовского месторождения гранита.

Материалы и методы. Исследование выполнено на базах радиологической лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» и кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Для достижения цели решались следующие задачи исследования: 1) анализ фоновых данных ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» о содержании радона в жилых зданиях за период 2017–2022 гг. в Павловском районе Воронежской области (административной территории, где расположено Шкурлатовское месторождение гранита) в сравнении с другими административными территориями региона; 2) обоснование дополнительных точек измерения объемной активности (ОА) радона в жилых помещениях, расположенных в населенных пунктах, непосредственно приближенных к месту разработки Шкурлатовского месторождения гранита и проведение измерений (2023 г.).

Измерение ОА радона проводилось методом пассивного экспонирования сорбционных колонок в течение 6 суток, а накопленная активность радона в активированном угле далее определялась по гамма-излучению его дочерних продуктов распада (ДПР) с помощью сцинтилляционного гамма-спектрометра (установка спектрометрическая МКС-01А «МУЛЬТИРАД») в соответствии с положениями

«Методики измерений средней за время экспозиции объемной активности радона в воздухе жилых и служебных помещений» (НТЦ «НИТОН», 1993).

Значение среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) изотопов радона (Бк/м^3) в помещениях определялось расчетным методом с использованием алгоритмов программного обеспечения Единой системы контроля индивидуальных доз (ЕСКИД) [8].

Результаты. Территориальной особенностью Павловского района по сравнению с остальными муниципальными образованиями Воронежской области является наличие крупнейшего в Европейской части России Шкурлатовского месторождения гранита с исследованным объемом запасов 613,5 млн м^3, которое в настоящее время разрабатывает АО «Павловск Неруд». Добыча гранита ведется открытым способом.

Городская черта жилых массивов г. Павловска находится в 10–12 км от карьера. Ближайшие территории жилой застройки к карьеру – это поселок Шкурлат 3-й (число жителей – 450 человек), село Гаврильские сады (98 человек) и село Преображенка (62 человека). Жилой фонд сёл представлен одноэтажными каменными и деревянными домами с приусадебными участками. Многоэтажные жилые дома отсутствуют. Наименьшие расстояния от границы промплощадки предприятия до жилых зон в поселке Шкурлат 3-й – 46 м в юго-восточном направлении (ул. Центральная, 2); в с. Гаврильские сады – 539 м в северном направлении (одноэтажный жилой дом с приусадебным участком), в с. Преображенка – 385 м в восточном направлении (одноэтажный жилой дом с приусадебным участком).

При анализе данных за 2017–2022 гг. установлено, что в целом по Воронежской области интервал значений среднегодовой эффективной дозы облучения населения за счет ингаляции (ЭРОА) изотопов радона (мин. – макс.) в деревянных домах составил от 8,0 до 69,3 Бк/м^3, каменных одноэтажных – от 9,4 до 48,1 Бк/м^3, каменных многоэтажных – от 10,0 до 70,0 Бк/м^3.

Результаты проведенных в мае–августе 2023 г. измерений ОА радона в жилых домах, расположенных в непосредственной близи к Шкурлатовскому месторождению гранита (пос. Шкурлат-3, село Гаврильские сады, село Преображенка), с последующим расчетом среднегодовой ЭРОА изотопов радона, свидетельствуют, что интервал данного показателя в деревянных домах составляет от 9,2 до 35,5 Бк/м^3, каменных – от 9,4 до 41,4 Бк/м^3. Максимальные значения показателей в домах этих населенных пунктов ниже, чем максимальные значения на территории Павловского района (таблица).

Объем исследований и среднегодовая ЭРОА изотопов радона в жилых зданиях

Показатель	Тип зданий		
	Деревянные	Каменные одноэтажные	Каменные многоэтажные
Воронежская область, данные за 2017–2022 гг.			
Число обследованных домов	178	520	1638
Число измерений	1768	3717	12391
Интервал среднегодовой ЭРОА изотопов радона (мин.–макс.), Бк/м^3	8,0–69,3	9,4–48,1	10,0–70,0
Среднее значение среднегодовой ЭРОА изотопов радона, Бк/м^3 ($M \pm m$)	23,0 ± 1,2	22,9 ± 0,7	24,2 ± 0,7

Окончание таблицы

Показатель	Тип зданий		
	Деревянные	Каменные одноэтажные	Каменные многоэтажные
Павловский район (район разработки гранитных месторождений), данные за 2017–2022 гг.			
Число обследованных домов	Исследования ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» не проводились	12	24
Число измерений		98	382
Интервал среднегодовой ЭРОА изотопов радона (мин.–макс.), Бк/м^3		11,5–47,2	17,9–43,7
Среднее значение среднегодовой ЭРОА изотопов радона, Бк/м^3 ($M \pm m$)		21,6 ± 5,3	28,2 ± 4,3
Пос. Шкурлат-3, село Гаврильские сады, село Преображенка, данные 2023 г.			
Число обследованных домов	7	10	Каменные многоэтажные дома отсутствуют
Число измерений	17	25	
Интервал среднегодовой ЭРОА изотопов радона (мин.–макс.), Бк/м^3	9,2–35,5	9,4–41,4	
Среднее значение среднегодовой ЭРОА изотопов радона, Бк/м^3 ($M \pm m$)	21,2 ± 2,0	21,9 ± 1,8	

Низкие значения ЭРОА изотопов радона говорят об отсутствии опасности радонового облучения для здоровья населения, проживающего вблизи разработки Шкурлатовского месторождения гранита.

Выводы. Данные по Павловскому району свидетельствуют об отсутствии неблагоприятного влияния радона в жилых домах на здоровье населения. Такой результат связан с относительно низкими значениями среднегодовой ЭРОА изотопов радона, которые в период 2017–2022 гг. в Павловском районе не превышают 47,2 Бк/м^3, а по результатам измерений в жилых домах вблизи карьера (2023 г.) не превышают 41,4 Бк/м^3. Также следует отметить, что добываемый в Шкурлатовском месторождении гранит относится к I классу строительных материалов по классификации НРБ-99/2009, и неблагоприятного влияния на увеличение ОА радона по отношению к региональному фону в зданиях близлежащих населенных пунктов (в том числе построенных с использованием аналогичных материалов I класса) он оказывать не может.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 20-17-00172П, https://rscf.ru/project/20-17-00172.

Список литературы

1. Characterization of radon levels in soil and groundwater in the North Maladeta Fault area (Central Pyrenees) and their effects on indoor radon concentration in a thermal SPA / V. Moreno, J. Bach, M. Zarroca, L. Font, C. Roqué, R. Linares // J Environ Radioact. – 2018. – Vol. 189. – P. 1–13. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2018.03.001

2. Evaluation of soil-gas radon concentrations from different geological units with varying strata in a crystalline basement complex of southwestern Nigeria / O.O. Oladapo, T.A. Adagunodo, A.A., Aremu O.M. Oni, A.O. Adewoye // Environ Monit Assess. – 2022. – Vol. 194 (7). – P. 486. DOI: 10.1007/s10661-022-10173-x

3. Карпин В.А. Современные экологические аспекты естественной эманации изотопов радона: обзор литературы // Экология человека. – 2020. – № 6. – С. 34–40. DOI: 10.33396/1728-0869-2020-6-34-40

4. Геологическая неоднородность земной коры как фактор повышенного риска онкологической заболеваемости населения / В.А. Карпин, А.Б. Гудков, О.И. Шувалова, О.Н. Попова // Экология человека. – 2020. – № 8. – С. 15–19. DOI: 10.33396/1728-0869-2020-8-15-19

5. Ruppert A.M., Amrioui F., Fallet V. Risk factors and prevention of lung cancer // Rev Prat. – 2020. – Vol. 70 (8). – P. 852–856. PMID: 33739684

6. Бондарчук О.В., Жданова Т.Н. Радиоэкологический мониторинг экосистем, прилегающих к ОАО «Павловскгранит» // Агроэкологический вестник: материалы международной научно-практической конференции, посвященной году экологии в России. – Воронеж, 2017. – С. 14–21.

7. Жданова Т.Н., Бондарчук О.В. Оценка радиационной обстановки вблизи с ОАО «Павловскгранит» Павловского района Воронежской области // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Воронеж: ВГАУ им. Императора Петра I, 2017. – С. 15–18.

8. Программное обеспечение ЕСКИД и паспортизации ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева [Электронный ресурс]. – URL: http://www.niirg.ru/SoftWare.htm (дата обращения: 18.06.2023).

Оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения Саратовской области

М.А. Гончарова, Н.Н. Павлов

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Саратовской области, г. Саратов, Россия

Описываются проводимые на территории Саратовской области исследования по изучению загрязнения объектов среды обитания: питьевой воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения; санитарно-эпидемиологической безопасности почвы населенных мест; контролю качества атмосферного воздуха жилых территорий; а также оценки возможного риска для здоровья населения, связанного с воздействием содержащихся в них экотоксикантов.

Ключевые слова: питьевая вода, почва, атмосферный воздух, здоровье населения.

Загрязнение окружающей среды – фактор опасности для здоровья человека. На это могут указывать данные эпидемиологических исследований, медицинской статистики, свидетельствующие о тенденции роста заболеваемости на загрязнен-

ных территориях. Это подтверждают данные специальных научных исследований, направленных на количественное определение связи между загрязнением окружающей среды и его влиянием на организм человека. Количественной мерой отрицательного воздействия неблагоприятных факторов на организм человека может служить расчет рисков появления той или иной патологии. Неблагоприятный экологический фон отрицательно сказывается на формировании популяционного здоровья населения, особенно в связи с изменением социально-экономических условий и появлением новых синтезируемых химических соединений, с которыми человек имеет прямой контакт и к которому эволюционно не приспособлен. Это обусловливает высокий риск развития неблагоприятных последствий как для популяции в целом, так и для каждого индивида в отдельности.

Загрязнение окружающей среды на территории Саратовской области обусловлено не только деятельностью промышленных предприятий, но и социальным, экономическим и технологическим развитием региона.

Химические компоненты, попадающие в окружающую среду в связи с антропогенной деятельностью человека, приводят к загрязнению атмосферы, почвы, воды. Возрастает необходимость получения оперативной и своевременной информации о показателях среды обитания и здоровья населения для принятия эффективных приоритетных управленческих решений, разработки и коррекции систем профилактических и диагностических мероприятий и определения приоритетов управления санитарно-эпидемиологическим благополучием через разработку научно обоснованных целевых программ.

В рамках социально-гигиенического мониторинга, проводимого на всей территории Саратовской области, контроль осуществляется по следующим факторам среды обитания:

1) питьевая вода систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения;

2) санитарно-эпидемиологическая безопасность почвы населенных мест;

3) показатели радиационной безопасности объектов окружающей среды и среды обитания людей;

4) качество атмосферного воздуха жилых территорий;

5) исследования шума от автомобильного транспорта и электромагнитного излучения.

За 12 месяцев (2022 г.) по области всего отобрано 10 209 проб, проведено 52 458 исследований. Лабораторные исследования проводились аккредитованными лабораториями ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии Саратовской области». Наибольшую долю занимали исследования качества питьевой воды – 78,0 %; почвы – 16,9 %; атмосферного воздуха – 4,9 %; радиологической обстановки – 0,23 %.

В 2022 г. мониторинг состояния качества питьевой воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения проводился на 160 мониторинговых точках. Исследовано 4104 пробы, из них 446 (11 %) не соответствовали гигиеническим нормативам.

По санитарно-химическим показателям 396 проб превышали гигиенический норматив по жесткости, окисляемости, мутности, содержанию железа, марганца, бромдихлорметана, бора. По микробиологическим показателям нестандартными были 50 проб (общие колиформные бактерии, термотолерантные колиформные бактерии).

Наиболее частым загрязнителем питьевой воды являлось железо, превышение гигиенического показателя норматива которого было зарегистрировано в 9 районах области (ЗАТО Светлый, Аткарском, Петровском, Базарно-Карабулакском, Балтайском, Романовском, Балашовском, Татищевском, Краснопартизанском районах) и в г. Саратове.

Помимо железа можно выделить превышение гигиенического норматива по содержанию марганца (в г. Саратове, Аркадакском районе и в ЗАТО «Светлый»), бромдихлорметану (в г. Саратове, Ершовском районе), жесткости, мутности (в ЗАТО «Светлый», Екатериновском, Аркадакском, Краснопартизанском, Балашовском районах и в г. Саратове).

На основании полученных результатов в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» проводилась оценка риска, связанная с загрязнением питьевой воды. На основании проведенных расчетов риск развития неканцерогенных эффектов составлял для веществ Fe – HQ = 0,016, и Mn – HQ = 0,02, т.е. не превышал допустимый уровень, равный «-1» и оценивался как несущественный.

Санитарно-эпидемиологическая безопасность почвы Саратовского региона исследовалась на территориях детских образовательных и лечебных учреждений, парков, детских игровых площадок, в санитарно-защитных зонах. В 2022 г. всего было отобрано и исследовано 1316 проб почвы, из них 108 (8,2 %) не соответствовали гигиеническим нормативам. Превышения гигиенических нормативов по бенз(а)пирену и нефтепродуктам выявлены в почве на территориях Базарно-Карабулакского, Новобурасского районов и г. Саратове. Также единичные случаи превышения были установлены на территориях г. Энгельса и Ершовского района.

Установленный средний индивидуальный канцерогенный риск при ингаляционном воздействии бенз(а)пирена почвы составил $0{,}0071 \cdot 10^{-5}$, что соответствовало допустимому для населения риску, так как не превышало рекомендуемую ВОЗ величину $1 \cdot 10^{-5}$.

Контроль за качеством атмосферного воздуха проводился в зоне влияния промышленных предприятий и на стационарных постах в зонах пересечения автомагистралей на территориях г. Саратова, г. Балаково, г. Вольска, г. Балашова, р.п. Горный и г. Энгельса (всего 26 точек).

Перечень анализируемых показателей включал определение максимальных разовых концентраций загрязняющих экотоксикантов: взвешенных веществ (пыль), диоксида серы, диоксида и оксида азота, оксида углерода, аммиака, формальдегида, гидроксибензола (фенола), гидрохлорида (хлористого водорода), ацетона, серной кислоты, кадмия, никеля, железа, углерода, толуола, диметилбензола (ксилола), предельных углеводородов, бензола, этилбензола. Приоритетными загрязнителями атмосферного воздуха являлись такие вещества, как взвешенные вещества (пыль), диоксид азота, оксид углерода, формальдегид, – что обусловлено в основном выбросами автотранспорта и деятельностью топливно-энергетических предприятий. На перекрестках городов наибольшее количество нестандартных проб регистрировалось по таким показателям, как диоксид азота, оксид углерода, взвешенные вещества, что обусловлено в основном выбросами автотранспорта и деятельностью топливно-энергетических предприятий.

На территориях промпредприятий в 2022 г. отобрано 1377 проб воздуха и проведено аналогичное количество исследований. На перекрестках автомагистра-

лей в этом же году отобрано и проведено 2787 исследований проб, из них не соответствовали гигиеническим нормативам 116 (4,0 %) экспертиз.

Для оценки возможного влияния качества атмосферного воздуха на состояние здоровья населения г. Саратова были рассчитаны риски развития канцерогенных и неканцерогенных хронических реакций.

В 2022 г. значение канцерогенного риска (*CR*) от загрязнения атмосферного воздуха г. Саратова, проводившееся на основе данных величины экспозиции и фактора канцерогенного потенциала конкретного химического канцерогена, составило 0,1082 для течения всей жизни индивидуума.

Определение величины популяционного канцерогенного риска (*PCR*), отражающего дополнительное число раковых заболеваний (к фону новообразований), которые могут возникнуть при воздействии поллютантов, в 2022 г. составило в цифровом выражении 480,2 дополнительных случая онкологических заболеваний в год среди жителей г. Саратова.

Выявленные превышения гигиенических нормативов химических веществ в питьевой воде, почве и атмосферном воздухе могут способствовать возникновению и увеличению числа случаев заболеваний органов дыхания, центральной нервной системы, почек, заболеваний крови и кроветворных органов. При этом различные химические вещества могут суммарно влиять на какую-то одну систему (орган). Установлено, что критическими органами и системами, подверженными многосредовому влиянию экотоксикантов, в 2022 г. в г. Саратове являлись: система крови (*HI* = 15,4), центральная нервная система (*HI* = 14,8), гормональная система (*HI* = 13,8), органы дыхания (*HI* = 10,6), иммунная система (*HI* = 6,7).

Для улучшения санитарно-гигиенической ситуации, способствующей снижению концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, введен запрет на въезд большегрузных автомашин в пределы города в дневные часы, дорожными службами города проводятся пылеуборочные, снегоочистительные работы; в летнее время года осуществляется полив автомагистралей, ведутся работы по увеличению площади зеленых насаждений, стрижке газонов, содержанию и уборке автомобильных дорог в круглосуточном режиме.

С целью устранения негативного воздействия контаминантов среды обитания на здоровье населения информация и рекомендации по результатам мониторингового контроля за содержанием загрязнителей ежегодно направляются в органы исполнительной власти, руководителям организаций и органов местного самоуправления.

Список литературы

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году [Электронный ресурс]. – URL: https://64.rospotrebnadzor.ru/328/-/asset_publisher/0uiJ/document/id/1112884;jsessionid=EACB1A6224EF74DA8BE4B455295BBF34?redirect=https%3A%2F%2F64.rospotrebnadzor.ru%2F328%3Bjsessionid%3DEACB1A6224EF74DA8BE4B455295BBF34%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_0uiJ%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-1%26p_p_col_count%3D1 (дата обращения: 11.09.2023).

2. Р 2.1.10.1920-04. 2.1.9. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей природной среды и условиями проживания населения. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / утв. Минздравом России 05.03.2004 [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200037399 (дата обращения: 11.09.2023).

2. Министерства здравоохранения Саратовской области: Официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: http://www.minzdrav.saratov.gov.ru (дата обращения: 11.09.2023).

Оценка шумового фактора по данным мониторинга 2023 г. на крупных перекрестках улиц г. Воронежа

Ю.И. Стёпкин[1,2], О.В. Клепиков[2,3], Т.И. Прожорина[3], Д.А. Казначеева[1,2]

[1]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Минздрава России,
[2]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» Роспотребнадзора,
[3]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
г. Воронеж, Россия

Представлена оценка уровня автотранспортного шума на территориях жилой застройки г. Воронежа по последним данным систематического мониторинга 2023 г. Приоритет в исследовании 2023 г. был направлен на оценку уровня шума в зонах воздействия крупных городских перекрестков.

В целом по четырем точкам контроля ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» установлено, что эквивалентный уровень дневного шума варьировался от 39 до 69 дБ, вечернего – от 39 до 52 дБ, ночного – от 35 до 49 дБ; максимальный уровень дневного шума варьировался от 48 до 79 дБ, вечернего – от 48 до 65 дБ, ночного – от 53 до 64 дБ.

Ключевые слова: шум, автотранспорт, город.

В многочисленных исследованиях обращается внимание, что шумовой фактор, обусловленный интенсивным дорожным движением в городах, не только доставляет дискомфорт человеку, но и негативно влияет на его здоровье [1–9]. По поисковым запросам на крупнейшем российском портале «Электронная научная библиотека» (https://elibrary.ru) «автотранспортный шум» и «шум в городе» только за 2023 г. и ограничением поиска «статьи в журналах» по состоянию на 05.09.2023 найдено 6 и 23 научных статей соответственно, что говорит об актуальности темы. Данная проблема изучается, и предлагаются ее решения специалистами различного профиля – гигиенистами, геоэкологами, проектировщиками. Следует отметить, что в 2023 г. по теме городского шумового фактора преобладают исследования, направленные именно на решение проблемы, а не организацию ее мониторинга и констатации фактов [4, 7, 9].

Цель исследования – оценка уровня автотранспортного шума на территориях жилой застройки г. Воронежа по последним данным систематического мониторинга 2023 г.

Материалы и методы. ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» в рамках социально-гигиенического мониторинга в течение 2023 г. (январь – июнь) в г. Воронеже проводил мониторинг уровня шума в четырех точках контроля на территории жилой застройки: ул. Остужева, 17 (6 полос, транспортная развязка в форме кольцевого движения), ул. 9 Января, 42 (крестообразный перекресток ул. Кольцовской с 6-полосным движением и ул. 9 января с 2-полосным односторонним движением), ул. Небольсина, 21 (Т-образный перекресток ул. Новосибирской с 6 полосами и ул. Небольсина с 2 полосами движения), Московский проспект, 44а (крестообразный перекресток Московского проспекта (6 полос) и ул. 45-й стрелковой дивизии (4 полосы) в соответствии с ГОСТ Р 53187-2008 «Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий». Всего выполнено 432 измерения, в том числе 216 дневных (9:00–7:00), 72 вечерних (23:00–23:30), 144 ночных (23:30–00:30).

Результаты. В целом по четырем точкам контроля ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» установлено, что эквивалентный уровень дневного шума варьировался от 39 до 69 дБ, вечернего – от 39 до 52 дБ, ночного – от 35 до 49 дБ; максимальный уровень дневного шума варьировался от 48 до 79 дБ, вечернего – от 48 до 65 дБ, ночного – от 53 до 64 дБ (табл. 1).

Таблица 1

Значения эквивалентного и максимального уровня шума (2023 г.)

Адрес мониторинговой точки и число полос движения автотранспорта	Шум по времени суток	Эквивалентный уровень шума, дБ (L)			Максимальный уровень шума, дБ (L)		
		среднее значение	минимальное значение	максимальное значение	среднее значение	минимальное значение	максимальное значение
ул. Остужева, 17 (6 полос, транспортная развязка в форме кольцевого движения)	Дневной	57	54	60	70	60	73
	Вечерний	46	44	49	58	55	62
	Ночной	45	43	47	58	55	63
ул. 9 Января, 42 (крестообразный перекресток ул. Кольцовской с 6-полосным движением и ул. 9 января с 2-полосным односторонним движением)	Дневной	59	49	65	69	49	75
	Вечерний	43	40	48	54	50	59
	Ночной	41	39	44	52	49	55
ул. Небольсина, 21 (Т-образный перекресток ул. Новосибирской с 6 полосами и ул. Небольсина с 2 полосами движения)	Дневной	63	58	69	74	62	79
	Вечерний	48	43	52	62	59	65
	Ночной	41	35	49	53	41	64

Окончание табл. 1

Адрес мониторинговой точки и число полос движения автотранспорта	Шум по времени суток	Эквивалентный уровень шума, дБ (L)			Максимальный уровень шума, дБ (L)		
		среднее значение	минимальное значение	максимальное значение	среднее значение	минимальное значение	максимальное значение
Московский проспект, 44а (крестообразный перекресток Московского проспекта (6 полос) и ул. 45 стрелковой дивизии (4 полосы)	Дневной	50	39	57	62	48	74
	Вечерний	44	39	49	56	48	62
	Ночной	42	37	46	51	40	59
По всем мониторинговым точкам	Дневной	58	39	69	69	48	79
	Вечерний	45	39	52	57	48	65
	Ночной	42	35	49	40	53	64

Детальный анализ данных показал, что за первую половину 2023 г. наибольшие показатели эквивалентного уровня шума регистрировались в дневной период в мониторинговой точке контроля по адресу ул. Небольсина, 21 (Т-образный перекресток ул. Новосибирской с 6 полосами и ул. Небольсина с 2 полосами движения) – в интервале от 58 до 69 дБ, при среднем значении 63 дБ; максимальные уровни шума в этой точке в дневное время составляли от 62 до 79 дБ.

Следует отметить, что аналогичное исследование нами проводилось в 2020 г. (табл. 2).

Таблица 2

Значения эквивалентного и максимального уровня шума (2020 г.)

Адрес мониторинговой точки и число полос движения автотранспорта	Время суток	Эквивалентный уровень шума, дБ (L)			Максимальный уровень шума, дБ (L)		
		среднее значение	минимальное значение	максимальное значение	среднее значение	минимальное значение	максимальное значение
Антонова-Овсеенко, 25а (6 полос)	Дневной	50	32	59	60	41	74
	Вечерний	43	40	44	54	50	58
	Ночной	48	31	47	51	40	61
Ленинский проспект, 117 (6 полос)	Дневной	64	59	69	75	72	79
	Вечерний	47	44	50	59	56	62
	Ночной	60	37	48	53	48	60
Московский проспект, 120 (6 полос)	Дневной	73	57	84	83	66	92
	Вечерний	66	50	78	76	60	86
	Ночной	71	46	76	66	53	84
Ломоносова, 114/8 (4 полосы)	Дневной	58	52	68	72	66	77
	Вечерний	46	43	48	58	55	60
	Ночной	55	38	47	54	48	66
По всем мониторинговым точкам	Дневной	61	32	84	72	41	92
	Вечерний	50	40	78	62	50	86
	Ночной	59	31	76	56	40	84

Сравнение полученных результатов с данными 2020 г., а тогда было установлено, что в целом по четырем точкам контроля эквивалентный уровень дневного шума варьировался от 32 до 84 дБ, вечернего – от 40 до 78 дБ, ночного – от 31 до 76 дБ; максимальный уровень дневного шума варьировался от 41 до 92 дБ, вечернего – от 50 до 86 дБ, ночного – от 40 до 84 дБ, говорит о намечаемой тенденции снижения шумовой нагрузки (рис. 1 и 2).

Однако такое сравнение нельзя считать корректным, так как в соответствии с предложениями Управления Роспотребнадзора по Воронежской области места контроля уровня автотранспортного шума были изменены. С одной стороны, стремление ежегодно менять точки контроля в рамках выполнения государственного задания по ведению социально-гигиенического мониторинга аргументировано необходимостью получения информации о воздействии шумового фактора в разных точках для получения наиболее полной площадной картины. С другой стороны, такой подход нарушает репрезентативность данных мониторинга, т.е. данные мониторинга нельзя признать однородными и их сравнивать, так как они получены в разных точках контроля и в разные годы.

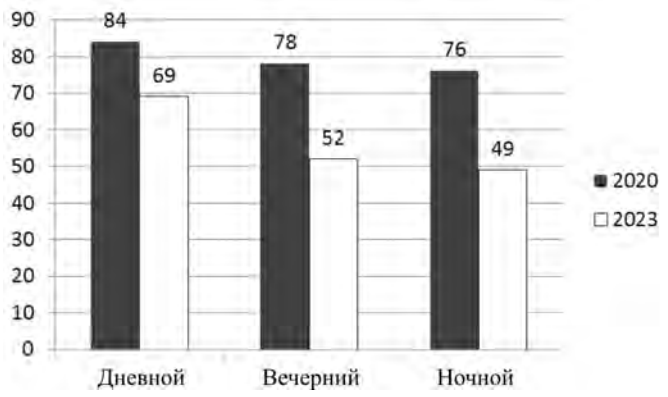


Рис. 1. Сравнение максимальных значений показателя эквивалентного уровня шума в 2020 и 2023 гг., дБ (L)

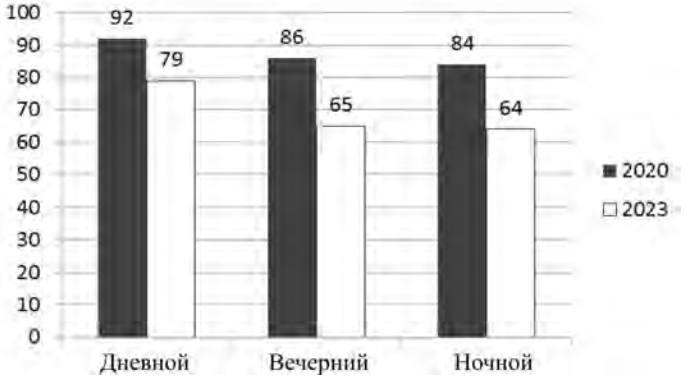


Рис. 2. Сравнение максимальных значений показателя максимального уровня шума в 2020 и 2023 гг., дБ (L)

Также менялись и цели исследования. В 2020 г. точки контроля уровня шума практически находились не в зонах действия перекрестков. В 2023 г. – все точки контроля – на перекрестках. Таким образом, более адекватно сделать вывод, что на перекрестках шумовое воздействие имеет более высокий уровень.

Выводы. В целом исследования показывают, что проблема автотранспортного шума в городе остается актуальной. Для снижения уровней воздействия шумового фактора на население рекомендуется провести мероприятия, направленные на уменьшение интенсивности движения за счет развития альтернативной дорожной сети и системы общественного транспорта; увеличить озеленение придорожной территории; установить шумозащитные экраны, которые защитят от распространения звуковой волны на внутреннюю территорию жилых комплексов и нижние этажи домов. Однако даже при реализации всех предлагаемых мероприятий, полностью исключить зону акустического дискомфорта для данных проблемных городских территорий не представляется возможным в связи с возрастающей интенсивностью движения автотранспорта.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 20-17-00172-П (https://rscf.ru/project/20-17-00172/).

Список литературы

1. Бирюкова Е.И., Пономарев А.Я. Оценка воздействия на здоровье населения автотранспортного шума от автодороги по ул. Туполева г. Жуковский // Интернаука. – 2023. – № 6–2 (276). – С. 34–36.

2. Гулакян С.Г., Маргарян А.Ш., Симонян А.Г. Методы определения ожидаемых уровней автотранспортного шума // Интернаука. – 2023. – № 5–2 (275). – С. 5–8.

3. Индейкина О.С., Елистратов Д.Е. Изменения показателей вариабельности сердечного ритма и гемодинамики при воздействии шума города // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. – 2023. – № 2 (70). – С. 15–25.

4. Лившиц А.Я. Акустический комфорт. Решение задач методами строительной и архитектурной акустики // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2023. – № 6. – С. 4–9.

5. Локтев А.А., Локтев Д.А., Илларионова Л.А. Моделирование воздействия городского рельсового транспорта на окружающую застройку // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2023. – № 1. – С. 52–60.

6. Оценка уровня автотранспортного шума на территории новых жилых комплексов города Воронежа / Т.И. Прожорина, П.А. Суханов, О.В. Клепиков, С.А. Куролап, Ю.А. Суханова // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. 2023. – Т. 31, № 7. – С. 55–64.

7. Рогалёв А.М., Градова О.В., Крышов С.И. Исследования среднего коэффициента звукопоглощения помещений для корректировки методики определения величины изоляциитранспортного шума // Жилищное строительство. – 2023. – № 6. – С. 23–27.

8. Влияние рельефа городских территорий на распространение транспортного шума (на примере Москвы) / С.В. Харченко, А.Р. Мухаметшин, Н.В. Аникина, М.А. Быканова // География и природные ресурсы. – 2023. – Т. 44, № 2. – С. 54–63.

9. Шлыков А.А. Шумы большого города // Автомобильные дороги. – 2023. – № 4 (1097). – С. 86–87.

Пневмония и новая коронавирусная инфекция COVID-19: анализ заболеваемости взрослого населения в г. Санкт-Петербурге

А.А. Карева

ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России,
г. Санкт-Петербург, Россия

Проблема пневмонии сохраняет свою актуальность для современной медицины. В мировой практике в период распространения новой коронавирусной инфекции среди взрослого населения отмечался рост числа случаев заболевания пневмонией, ассоциированной с течением COVID-19. Данная тенденция наблюдалась и при анализе заболеваемости пневмонией среди населения г. Санкт-Петербурга (возраст 18 лет и старше). Так, до 2019 г. фиксировалось снижение показателя до 233,3 случая на 100 тыс. населения. А с 2020 г. на фоне распространения новой коронавирусной инфекции, встречаемость которой возросла среди взрослого населения практически в 3 раза, был отмечен выраженный рост заболеваемости пневмонией до максимального значения – 1083,3 случая на 100 тыс. населения, зарегистрированного в 2021 г.

Ключевые слова: внебольничная пневмония, заболеваемость, новая коронавирусная инфекция, COVID-19, пандемия, Санкт-Петербург.

Пневмония является одним из наиболее широко распространенных инфекционных заболеваний. Несмотря на достигнутые успехи в области изучения нозологии и терапии данной патологии, пневмония остается одной из значимых проблем современной медицины [1, 2].

Особую актуальность изучение данных о заболеваемости пневмонией приобрело с 2020 г., что было связано с появлением новой коронавирусной инфекции и возникновением ассоциированных с ней пневмоний [3].

Первый случай заражения COVID-19 в России был выявлен 31.01.2020, а к сентябрю 2022 г., согласно официальным данным, число зарегистрированных случаев заболевания превысило 20 млн человек. По данным Росстата, к апрелю 2022 г. общее число умерших с COVID-19 составило 760,3 тыс. человек.

До распространения новой коронавирусной инфекции на территории Российской Федерации пневмония встречалась с частотой 350–500 случаев на 100 тыс. населения [4]. На фоне развития пандемии COVID-19 наблюдался выраженный рост заболеваемости пневмонией до 1865,2 на 100 тыс. населения в 2020 г. (превышение показателя предыдущего года в 3,5 раза) [5]. При этом пневмония была диагностирована практически у каждого пятого пациента с COVID-19, как правило, при среднетяжелой форме течения основного заболевания.

Учитывая высокий размер социально-экономического ущерба от пневмонии в России, особенно в период распространения пандемии COVID-19 [6], актуальным явилось проведение мониторинга заболеваемости данными патологиями среди взрослого населения г. Санкт-Петербурга и оценки динамики показателей.

Информация для изучения уровня заболеваемости пневмонией и COVID-19 взрослого населения г. Санкт-Петербурга была получена из сведений, ежегодно предоставляемых медицинскими организациями по статистической форме № 12 «Сведение о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации».

Для оценки данных был использован статистический метод, включающий анализ динамических рядов, построение линии тренда и измерение надежности тренда по значению достоверности аппроксимации (R^2).

В г. Санкт-Петербурге с 2011 по 2019 г. абсолютное число пациентов среди лиц 18 лет и старше с впервые установленным диагнозом пневмонией варьировалось в пределах от 10 403 до 16 480, при этом минимальный уровень был зафиксирован в 2019 г. (рис. 1). В 2020–2021 гг. был отмечен явный рост числа пациентов с пневмонией, при этом показатель наглядности (по отношению к 2011 г.) составил 302,4 и 294,4 % соответственно. Показатель роста был наибольшим в период 2019–2020 гг. и составил 472,8 %. В 2022 г. число пациентов с пневмонией снизилось по сравнению с 2021 г. на 65,0 % – до 16 765.

Рис. 1. Абсолютное число пациентов с пневмонией среди взрослого населения г. Санкт-Петербурга за 2011–2022 гг.

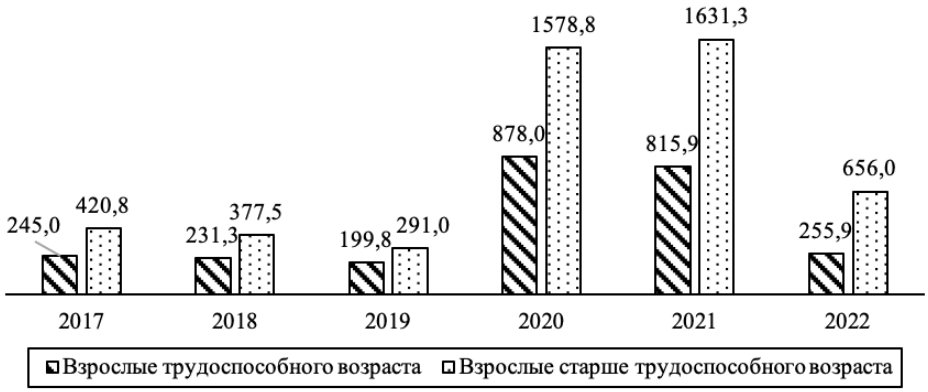
Среди взрослого населения г. Санкт-Петербурга в период с 2011 по 2019 г. первичная заболеваемость пневмонией снизилась с 385,1 случая на 100 тыс. населения до 233,3 случая на 100 тыс. населения (рис. 2). Максимальный темп убыли показателя был отмечен в 2014 г. – 19,5 %. На фоне распространения новой корона-

вирусной инфекции с 2019 по 2020 г. и с 2020 по 2021 г. произошел выраженный рост первичной заболеваемости пневмонией до 1105,0 случая на 100 тыс. населения и 1083,3 случая на 100 тыс. населения соответственно. С 2021 г. по 2022 г. данный показатель снизился на 64,9 % по сравнению с предыдущим периодом – до 380,7 случая на 100 тыс. населения.

Рис. 2. Первичная заболеваемость пневмонией взрослого населения г. Санкт-Петербурга за 2011–2022 гг., на 100 тыс. населения

В период распространения новой коронавирусной инфекции существенно ($t > 2$, $p < 0,05$) выше был уровень первичной заболеваемости среди взрослого населения старше трудоспособного возраста: 2020 г. – 1578,8 случая на 100 тыс. населения, 2021 г. – 1631,3 случая на 100 тыс. населения и 2022 г. – 656,0 случая на 100 тыс. населения (рис. 3). При этом наибольший прирост показателя был отмечен в период 2019–2020 гг. (темп прироста – 442,5 %). За данный период статистически значимый рост первичной заболеваемости пневмонией наблюдался и среди взрослого населения трудоспособного возраста. Так, показатель увеличился на 339,5 % – с 199,8 случая на 100 тыс. населения в 2019 г. до 878,0 случая на 100 тыс. населения в 2020 г. В период 2020–2021 гг. первичная заболеваемость пневмонией снизилась на 7,1 %, однако уровень показателя заболеваемости остался высоким и составил 815,9 случая на 100 тыс. населения. С 2021 г. по 2022 г. данный показатель снизился до 255,9 случая на 100 тыс. населения (темп убыли – -68,6 %).

Первый случай заболевания COVID-19 в г. Санкт-Петербурге был зарегистрирован 05.03.2020. За трехлетний период (с 2020 по 2022 г.) абсолютное число пациентов с впервые установленным диагнозом новой коронавирусной инфекции достигло 2 021 156. В возрастной структуре пациентов с COVID-19 преобладали лица 18 лет и старше с удельным весом 87,2 % (рис. 4).



Рису. 3. Первичная заболеваемость пневмонией взрослого населения трудоспособного и старше трудоспособного возраста г. Санкт-Петербурга в динамике (в 2017–2022 гг.), на 100 тыс. населения

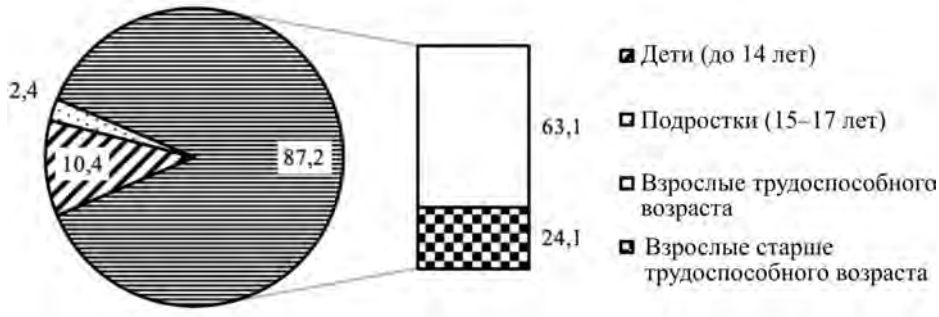


Рис. 4. Возрастная структура пациентов с COVID-19 в г. Санкт-Петербурге, %

В период 2020–2022 гг. наблюдалась тенденция к росту показателя первичной заболеваемости COVID-19 среди взрослого населения г. Санкт-Петербурга с 6358,5,1 случая на 100 тыс. населения до 18299,1 случая на 100 тыс. населения (рис. 5). Максимальный прирост показателя был отмечен в период с 2020 по 2021 г. (темп прироста – 139,7 %). В течение трехлетнего периода заболеваемость COVID-1 среди трудоспособного населения была выше, чем среди лиц пожилого возраста, с максимальным значением в 2022 г. – 19031,6 случая на 100 тыс. населения. Однако среди взрослого населения старше трудоспособного возраста наблюдался более выраженный рост показателя в период с 2021 по 2022 г. по сравнению с трудоспособным населением (темп прироста – 31,7 и 16,0 % – соответственно).

Таким образом, начиная с 2020 г., системы общественного здравоохранения столкнулись с серьезной проблемой – появлением и распространением новой коронавирусной инфекции COVID-19, представляющей угрозу для здоровья населения и оказывающей влияние на социальную и экономическую сферы общества.

Анализ уровня первичной заболеваемости COVID-19 среди взрослого населения г. Санкт-Петербурга показал рост показателя с 6358,5 случаев на 100 тыс. населения в 2020 г. до 18299,1 случаев на 100 тыс. населения в 2022 г. Среди насе-

ления трудоспособного возраста последний показатель был несколько выше и составил 19031,6 случаев на 100 тыс. населения.

Рис. 5. Первичная заболеваемость COVID-19 взрослого населения г. Санкт-Петербурга за 2020–2022 гг., на 100 тыс. населения

Широко распространенным и тяжелым клиническим проявлением COVID-19 является пневмония, показатель заболеваемости которой в период с 2019 по 2020 г. среди взрослого населения г. Санкт-Петербурга возрос в 4,7 раза, достигнув 1105,0 случая на 100 тыс. населения.

Учитывая высокий уровень распространенности пневмонии, необходим комплексный анализ данных показателей для повышения качества медицинских услуг и принятия своевременных мер помощи взрослому населению.

Список литературы

1. Современные подходы к диагностике, лечению и профилактике тяжелой внебольничной пневмонии у взрослых: обзор литературы / С.Н. Авдеев, Б.З. Белоцерковский, А.В. Дехнич, А.А. Зайцев, Р.С. Козлов, Д.Н. Проценко, С.А. Рачина, А.И. Синопальников, С.В. Яковлев, А.И. Ярошецкий // Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. – 2021. – № 3. – С. 27–46.

2. Внебольничная пневмония – актуальная проблема современного общества / В.А. Серов, В.В. Гноевых, Д.В. Серова, Э.Р. Сакаева // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2021. – № 1. – С. 57–70.

3. Мухаметшина К.Е., Федорова Е.В. Современные особенности заболеваемости пневмониями населения Свердловской области за 2011–2020 годы // Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения: материалы VII Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 17–18 мая 2022 г. – Екатеринбург: УГМУ, 2022. – С. 1821–1826.

4. Пневмонии и COVID-19: анализ заболеваемости и смертности / Н.А. Кравченко, З.А. Зайкова, Т.А. Баянова, Е.В. Бобкова [Электронный ресурс] // Социальные аспекты здоровья населения. – 2022. – № 4 (68). – URL: http://vestnik.mednet.ru/content/view/1392/30/lang.ru

5. Быстрицкая Е.В., Биличенко Т.Н. Заболеваемость, инвалидность и смертность от болезней органов дыхания в Российской Федерации (2015–2019) // Пульмонология. – 2021. – № 31 (5). – С. 551–561.

6. Динамика заболеваемости населения болезнями органов дыхания в пандемический по COVID-19 период на территории Дальневосточного федерального округа / В.П. Колосов, Л.Г. Манаков, Е.В. Полянская, Ю.М. Перельман // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2021. – № 81. – С. 8–18. DOI: 10.36604/1998-5029-2021-81-8-18

Опыт реализации проекта «Чистая вода» в крупном промышленном городе

Е.А. Рязанова[1], А.В. Казанбаева[2], М.В. Савинова[2], Л.В. Юшкова[2]

[1] ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Минздрава России,
[2] ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по Пермскому краю» Роспотребнадзора,
г. Пермь, Россия

Выполнена гигиеническая оценка качества питьевой воды, подаваемой населению промышленного города, в рамках социально-гигиенического мониторинга в период 2020–2022 гг. Для реализации проекта «Чистая вода» проведены лабораторные исследования качества питьевой воды по органолептическим (запах, цветность, мутность) и химическим (аммиак, водородный показатель, жесткость, нефтепродукты, общая минерализация, окисляемость, поверхностно-активные вещества, полифосфаты, хлор остаточный) показателям. Оценка органолептических свойств питьевой воды выявила несоответствие по запаху и мутности, что может быть обусловлено состоянием системы трубопроводов. Наблюдалась выраженная тенденция к снижению неудовлетворительных проб по жесткости (27,7→11,5→7,6 %), окисляемости (0→0,66→0,3 %), хлору остаточному свободному (87,2→12,8→1,8 %) и связанному (73,2→12,2→0,6 %).

Ключевые слова: качество питьевой воды, лабораторные исследования, органолептические показатели, химические вещества, федеральный проект.

Проблема обеспечения населения качественной питьевой водой является одной из наиболее актуальных, что связано с неуклонным ростом водопотребления, изменением показателей поверхностных водоисточников, повышенным износом инженерных коммуникаций, а также несвоевременным устранением аварийных ситуаций [1]. Обеспечение населения питьевой водой гарантированного

качества и в достаточном количестве является одним из важнейших направлений социально-экономического развития Российской Федерации. Загрязнение водных объектов – источников питьевого водоснабжения – при недостаточной эффективности работы водоочистных сооружений влечет за собой ухудшение качества подаваемой потребителям питьевой воды и создает серьезную опасность для здоровья населения во многих регионах России; обусловливает достаточно высокий уровень заболеваемости кишечными инфекциями, гепатитом, увеличивает риск воздействия на организм человека канцерогенных и мутагенных факторов. В формирование дополнительных случаев заболеваемости, ассоциированной с неудовлетворительным качеством питьевой воды, вносит вклад загрязнение питьевой воды хлором и хлорорганическими соединениями, аммиаком и аммоний-ионом, соединениями железа, марганца, мышьяка, никеля, меди, а также микробиологическое загрязнение воды [2]. Федеральным проектом «Чистая вода» (национальный проект «Экология») определены основные индикативные показатели качества питьевого водоснабжения, выраженные в долях: 90,8 % – для всего населения Российской Федерации и 99,0 % – для городского населения (2024 г. – год достижения индикативных показателей). В рамках функционирования межведомственной системы социально-гигиенического мониторинга оцениваются демографические потери и риски для здоровья населения, ассоциированные с неблагоприятным воздействием факторов среды обитания, в том числе имеющих место в сфере водоснабжения [3].

Цель исследования – гигиеническая оценка качества питьевой воды, подаваемой населению промышленного города, в рамках социально-гигиенического мониторинга в период 2020–2022 гг.

Материалы и методы. В рамках реализации проекта «Чистая вода» проведены лабораторные исследования качества питьевой воды по органолептическим (запах, цветность, мутность) и химическим (аммиак, водородный показатель, жесткость, нефтепродукты, общая минерализация, окисляемость, поверхностно-активные вещества, полифосфаты, хлор остаточный) показателям. Всего было отобрано 1077 проб из распределительной сети.

Результаты. Оценка органолептических свойств питьевой воды выявила несоответствие по запаху и мутности, что может быть обусловлено состоянием системы трубопроводов. Количество нестандартных проб по запаху имело тенденцию к увеличению: в 2020 г. – 0,3 %, в 2021 г. – 0,9 %, в 2022 г. – 1,4 %. По мутности наибольшие уровни регистрировались в 2020 г. (0,9 %), в 2021 г. и 2022 г. было стабильным (по 0,3 %). При этом цветность воды из распределительной сети на протяжении всего периода исследований не превышала нормативных значений.

Анализ физико-химических свойств воды не выявил превышений предельно допустимых значений среди таких показателей как: нефтепродукты, поверхностно-активные вещества, аммиак и аммоний-ион, полифосфаты. Незначительные колебания наблюдались по сухому остатку (0,45 % нестандартных проб в 2020 г.; при дальнейших исследованиях отклонений не было выявлено) и активной реакции среды (1,1 % неудовлетворительных проб в 2022 г.).

Актуальной санитарно-гигиенической проблемой для изучаемого города является превышение в питьевой воде показателей жесткости и окисляемости, а также содержания остаточного хлора. Проведенные исследования также показали несоответствие качества питьевой воды по указанным агентам. Однако, наблюдалась выраженная тен-

денция к снижению неудовлетворительных проб по: жесткости (27,7 % в 2020 г. → 11,5 % в 2021 г. → 7,6 % в 2022 г.), окисляемости (0 % в 2020 г. → 0,66 % в 2021 г. → 0,3 % 2022 г.), хлору остаточному свободному (87,2 % в 2020 г. → 12,8 % в 2021 г. → 1,8 % в 2022 г.) и связанному (73,2 % в 2020 г. → 12,2 % в 2021 г. → 0,6 % в 2022 г.).

Выводы. Таким образом, реализация федерального проекта «Чистая вода» способствует выраженному снижению количества нестандартных проб в питьевой воде. Дальнейшее проведение социально-гигиенического мониторинга позволит поддерживать обеспечение населения доброкачественной водой.

Список литературы

1. Карпущенко Г.В., Гончаров А.В., Кочубей Д.Г. Социально-гигиенический мониторинг как инструмент реализации национального проекта «Чистая вода» // Актуальные вопросы гигиены на современном этапе: материалы III Научно-практической конференции Южного федерального округа. – Ростов-на-Дону, 2020. – С. 251–257.

2. Федеральный проект «Чистая вода». Первые итоги / С.А. Горбанев, Г.Б. Еремин, Ю.А. Новикова, Д.С. Выучейская // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2019. – № 1. – С. 252–259.

3. Оценка риска здоровью населения Воронежской области для обоснования мероприятий региональной составляющей Федерального проекта «Чистая вода» / И.И. Механтьев, О.В. Клепиков, Л.А. Масайлова, Л.В. Молоканова, Л.В. Попова // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2021. – № 1. – С. 77–82.

Риск здоровью населения при аварийной ситуации на централизованной системе водоснабжения

В.Н. Федоров, Н.А. Тихонова, И.О. Мясников, Ю.А. Новикова

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
г. Санкт-Петербург, Россия

Рассмотрены результаты практического опыта применения методологии оценки риска здоровью населения при прогнозировании влияния на состояние здоровья населения при сверхнормативных концентрациях алюминия и железа в питьевой воде на фоне аварийной ситуации в системе централизованного водоснабжения. Для оценки вероятности возникновения нарушений здоровья проведена оценка риска с учетом двух сценариев воздействия: максимальные концентрации загрязнителей при пожизненном хроническом и кратковременном (период аварийной ситуации 12 дней) периодах воздействия. Проведенная оценка риска показала неприемлемо высокие уровни хронического неканцерогенного риска при

пожизненной экспозиции к исследуемым загрязнителям. При этом кратковременное в течение 12 дней употребление питьевой воды не создаст неприемлемого риска.

Ключевые слова: алюминий, железо, питьевая вода, оценка риска, централизованная система водоснабжения.

Техническое состояние распределительных сетей и водоочистных сооружений централизованных систем хозяйственно-питьевого водоснабжения – актуальная проблема для значительной части населенных пунктов Российской Федерации. Проведение масштабной модернизации систем водоснабжения и водоподготовки с использованием перспективных технологий в целях обеспечения населения Российской Федерации качественной питьевой водой предусмотрено федеральным проектом «Чистая вода» [1]. В соответствии с Федеральным законом на срок реализации плана мероприятий по приведению качества питьевой воды в соответствие с установленными требованиями организацией, осуществляющей холодное водоснабжение, допускается несоответствие качества подаваемой питьевой воды установленным требованиям в пределах, определенных таким планом мероприятий, за исключением показателей качества питьевой воды, характеризующих ее безопасность. В течение срока реализации плана мероприятий по приведению качества питьевой воды в соответствие с установленными требованиями не допускается снижение качества питьевой воды.

Отдельного внимания заслуживают аварийные ситуации на распределительной сети и водоочистных сооружениях, когда в течение непродолжительного времени концентрации загрязняющих веществ в воде, подаваемой населению, могут достигать значительных превышений гигиенических нормативов, влекущих за собой необходимость прекращения подачи воды потребителям. В подобных случаях доказательным инструментом для принятия управленческих решений может выступать методология оценки риска здоровью населения, в том числе и в связи с тем, что риск отсутствия питьевого водоснабжения надо соотносить с риском от превышения концентраций [2–7].

В настоящей работе авторами рассматривается аварийная ситуация в одном из городов Северо-Западного федерального округа, возникшая в мае 2023 г.

Цель исследования – проанализировать уровни риска здоровью населения от кратковременного употребления питьевой воды со сверхнормативными концентрациями алюминия и железа в питьевой воде на фоне аварийной ситуации на системе централизованного водоснабжения.

Материалы и методы. Изучена существующая система централизованного питьевого водоснабжения города. Проанализированы результаты лабораторных исследований питьевой воды по санитарно-химическим показателям в изучаемом городе на основании социально-гигиенического мониторинга (СГМ) за период с января 2018 г. по апрель 2023 г., а также результаты исследований, выполненные в период аварийной ситуации с 17 по 28 мая 2023 г. на основании протоколов исследований. Проведена гигиеническая оценка качества питьевой воды по показателям алюминий и железо. Выполнена в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [8] оценка риска для здоровья населения от воздействия алюминия и железа, содержащихся в питьевой воде.

С целью получения объективных данных об уровнях риска за длительный период воздействия рассматривались сценарии экспозиции с учетом различных данных об уровнях исследуемых показателей за отдельные периоды наблюдений:

- фоновый уровень воздействия с января 2018 г. по апрель 2023 г. включительно;
- повышенный уровень воздействия с 17 по 28 мая 2023 г.

При выполнении оценки риска с учетом фонового уровня воздействия были использованы данные результатов лабораторных исследований качества питьевой воды, подаваемой населению, полученные в рамках ведения социально-гигиенического мониторинга. Для расчета риска использовались величины исследуемых показателей, осредненные по каждому году.

Рассматривались следующие модели экспозиции к алюминию и железу: при пожизненном поступлении неканцерогенных веществ в течение 30 лет (6 лет – для детей); при кратковременной экспозиции в течение 12 дней (период аварии).

Учитывались следующие характеристики экспозиции: объем потребляемой воды в сутки – 2 л для взрослых, 1,5 л для детей; масса тела – 70 кг для взрослых, 15 кг для детей; продолжительность воздействия при пожизненном поступлении – взрослые 30 лет, дети 6 лет; продолжительность воздействия при кратковременной экспозиции в течение 12 дней – 12 дней для всех возрастных групп.

В качестве критерия приемлемого неканцерогенного риска рассматривалась величина не более 1,0 согласно Р 2.1.10.1920-04 [8].

При оценке риска по сценарию фонового воздействия были учтены средние значения показателей за каждый год в распределительной сети. Значения показателей в водоисточнике и перед подачей в сеть не учитывались, поскольку они учтены при оценке риска от воды из распределительной сети.

Результаты. Водоснабжение изучаемого города осуществляется от одного поверхностного источника – реки. По своему качеству вода водоисточника характеризуются высокой цветностью, большим количеством органических веществ гумусового происхождения, низкой минерализацией, содержанием алюминия, превышающим гигиенические нормативы. Состав водоочистных сооружений: сооружения водоподготовки, реагентное и хлорное хозяйство, резервуары чистой воды (РЧВ).

Исходная вода насосами 1-го подъема подается в предварительную камеру, а затем – в вихревой смеситель вертикального типа, где смешивается с реагентами (коагулянт – сульфат алюминия, кальцинированная сода, флокулянт – проистол 25 15-тр). Из смесителя вода с реагентами поступает на скорые фильтры и оттуда в РЧВ.

Точки ввода реагентов: сода и коагулянт – в трубопровод исходной воды на входе в смеситель, флокулянт – в трубную вставку в смесителе, перед подачей воды в камеры хлопьеобразования (после смесителя). Гипохлорит натрия вводится в трубопровод РЧВ. Обеззараживание воды производится на выходе ее из горизонтальных отстойников перед РЧВ.

При коагуляционной очистке воды соединениями алюминия (соли, гидроксохлорид, алюминат) следует уделять особое внимание pH среды, так как Al(OH)3 имеет амфотерный характер и в кислой среде растворяется с образованием Al3+, в щелочной среде – алюминат-иона. И в том и другом случае происходит не полный гидролиз коагулянта и остается высокое содержание алюминия в очищенной воде.

В рамках СГМ организован мониторинг качества воды после водоподготовки в контрольных точках перед подачей в распределительную сеть (на водоочистных сооружениях – ВОС) и в самой сети.

По результатам исследований воды, проведенным в 2023 г., несоответствия качества питьевой воды по показателю «алюминий» выявлялись в феврале (2,5 ПДК), марте (4,5 ПДК) и апреле (3 ПДК).

17.05.2023 произошло резкое ухудшение качества питьевой воды, подаваемой населению города, в период ликвидации пожара по одному из адресов в черте города. В процессе ликвидации к пожарным гидрантам на распределительной сети подключены пожарные рукава. Было зафиксировано кратковременное увеличение подачи воды в городскую распределительную сеть с 450 до 550 м³/ч, что отражено в суточной ведомости по учету показателей комплекса водоочистных сооружений. При неоднократных открытиях и закрытиях гидрантов резко менялись гидравлические режимы и скорости в водоводе, что привело к отрыву внутренних отложений от стенок водовода. Так как в отложениях помимо окислов железа находился остаточный алюминий, то следствием нарушения гидравлических режимов стало ухудшение показателей по алюминию, железу, мутности.

Таким образом, было установлено, что причиной резкого повышения концентрации алюминия, железа в питьевой воде 17.05.2023 послужило резкое изменение гидравлического режима и скорости воды в магистральной и внутриквартальной трубопроводной системе города.

По результатам лабораторных исследований, отобранных 17.05.2023, было выявлено существенное ухудшения качества питьевой воды по показателям «алюминий» до 16,36 мг/л (81,7 ПДК), «общее железо» до 19,87 мг/л (66,2 ПДК).

Качество воды в водоисточнике в месте водозабора по данным лабораторных исследований 23.05.2023 не соответствовало гигиеническим требованиям по содержанию алюминия (0,69 мг/л), железа (0,6 мг/л). Данные превышения характерны и для предыдущих лет.

Качество питьевой воды из РЧВ по данным лабораторных исследований 23.05.2023 не соответствовало гигиеническим требованиям по содержанию (среднее из четырех РЧВ) алюминия (0,62 мг/л), железа (менее 0,05 мг/л).

По результатам СГМ, проведенным в 2023 г. на ВОС, несоответствия в распределительной сети качества питьевой воды по показателю «алюминий» выявлялись в феврале (2,5 ПДК), марте (4,5 ПДК) и апреле (3 ПДК).

По данным лабораторных исследований за 2018–2023 гг. качество питьевой воды после водоподготовки (среднегодовые значения) соответствовали гигиеническим нормативам. Таким образом, проведенный анализ показал, что из водоочистных сооружений в распределительную сеть города в течение 2023 г. поступает вода с высоким содержание остаточного алюминия (0,54–0,8 мг/л), т.е. до 4 ПДК.

Иных аварийных ситуаций на территории города связанных с поступлением алюминия в поверхностные или подземные воды, почву за изучаемый период не установлено.

Учитывая концентрации алюминия и железа, их территориальное распространение в распределительной сети города, повышение их концентрации после проведения промывки магистральной и распределительной сети, наличие внешнего вмешательства в химический состав питьевой воды централизованной системы питьевого водоснабжения исключается.

Данные о концентрациях алюминия и железа в распределительной сети города в дальнейшем были использованы для расчета риска здоровью.

Результаты расчета неканцерогенного риска (коэффициента опасности *HQ*) от воздействия алюминия в питьевой воде с учетом наихудшего сценария (максимальные концентрации, выявленные 17.05.2023 – 16,36 мг/л) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета неканцерогенного риска (коэффициента опасности *HQ*) от воздействия алюминия в питьевой воде

Год	Значение *HQ*	
	Взрослые	Дети
2018	0,008	0,019
2019	0,005	0,011
2020	0,007	0,015
2021	0,003	0,006
2022	0,004	0,009
2023 (январь – апрель)	0,015	0,034

Результаты расчета неканцерогенного риска (коэффициента опасности *HQ*) от воздействия железа с учетом наихудшего сценария (максимальные концентрации, выявленные 17.05.2023 – 19,87 мг/л) в питьевой воде приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета неканцерогенного риска (коэффициента опасности *HQ*) от воздействия железа в питьевой воде

Год	Значение *HQ*	
	Взрослые	Дети
2018	0,020	0,047
2019	0,019	0,045
2020	0,013	0,029
2021	0,007	0,017
2022	0,016	0,038
2023 (январь – апрель)	0,010	0,022

Анализ полученных данных показывает отсутствие превышения допустимой величины неканцерогенного риска (1,0), обусловленного влиянием алюминия и железа за весь изученный период с января 2018 по апрель 2023 г. включительно.

При оценке риска с учетом сценария повышенного уровня воздействия за период с 17.05.2023 по 28.05.2023 учитывались наибольшие значения показателей, зарегистрированные на дату начала углубленных исследований (17.05.2023), середину (21–23.05.2023) и на последнюю дату, по которой были проведены исследования (28.05.2023).

Максимальные значения исследованных показателей на указанные даты приведены в табл. 3.

Значения неканцерогенного риска, обусловленные воздействием железа и алюминия при воздействии в течение 30 лет для взрослого человека и 6 лет для ребенка, представлены в табл. 4.

Таблица 3

Максимальные значения исследованных показателей по датам

Показатель	Железо		
Дата	17.05.2023	23.05.2023	28.05.2023
Значение	19,87	43	0,49
Показатель	Алюминий		
Дата	17.05.2023	23.05.2023	28.05.2023
Значение	16,35	50	0,78

Таблица 4

Значения неканцерогенного риска от воздействия различных концентраций железа и алюминия в питьевой воде при длительной экспозиции (30 лет – для взрослых и 6 лет – для детей)

Дата	17.05.2023		23.05.2023		28.05.2023	
Возрастная группа	Взрослые	Дети	Взрослые	Дети	Взрослые	Дети
Неканцерогенный риск (*HQ*) от воздействия железа	1,81	4,23	3,93	9,16	0,04	0,10
Неканцерогенный риск (*HQ*) от воздействия алюминия	0,45	3,20	1,37	3,20	0,02	0,05

Анализ результатов расчета показывает, что при многолетнем хроническом воздействии железа в концентрациях, наблюдавшихся в питьевой воде 17.05.2023 и 23.05.2023, для взрослого и детского населения прогнозируется неприемлемо высокий уровень риска (свыше 1,0). При этом концентрации железа, выявленные 28.05.2023, при аналогичной длительности экспозиции формируют значительно более низкие уровни риска, которые характеризуются как приемлемые (менее величины 1,0).

Прогнозируемый риск от воздействия алюминия в питьевой воде также характеризуется неприемлемо высокими значениями как для детского, так и для взрослого населения при многолетней экспозиции с учетом концентраций, наблюдавшихся в питьевой воде 23.05.2023 и неприемлемо высокими значениями для детского населения 17.05.2023. В то же время концентрация алюминия по данным исследований 28.05.2023 не вызовет возникновения неприемлемо высокого риска в течение длительного периода воздействия, что характеризует эти значения как безопасные с позиции возможного вреда для здоровья.

Принимая во внимание кратковременный период воздействия повышенных концентраций алюминия и железа в питьевой воде продолжительностью 12 дней, с 17.05.2023 по 28.05.2023, были дополнительно рассчитаны величины риска с учетом длительности экспозиции в течение указанного периода по формуле 3.2 Приложения 3 Руководства по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [8]. Полученные значения приведены в табл. 5.

Таблица 5

Значения неканцерогенного риска от воздействия различных концентраций железа и алюминия в питьевой воде при экспозиции длительностью 12 дней

Дата	17.05.2023		23.05.2023		28.05.2023	
Возрастная группа	Взрослые	Дети	Взрослые	Дети	Взрослые	Дети
Неканцерогенный риск (*HQ*) от воздействия железа	0,06	0,15	0,13	0,31	0,002	0,004
Неканцерогенный риск (*HQ*) от воздействия алюминия	0,02	0,04	0,05	0,11	0,001	0,002

Выводы. Анализ полученных уровней риска показывает, что при учете временного периода воздействия продолжительностью 12 дней для всех групп населения ожидается отсутствие неприемлемого уровня риска, несмотря на выраженные превышения гигиенических нормативов железа и алюминия в питьевой воде, подаваемой населению изучаемого города.

Проведенная оценка риска позволяет сделать следующие выводы:

1. Употребление в течение 30 лет взрослыми и 6 лет детьми питьевой воды с содержанием алюминия и железа в концентрациях, наблюдавшихся в период с января 2018 г. по апрель 2023 г. включительно, не приведет к возникновению неприемлемого неканцерогенного риска от воздействия указанных веществ.

2. Употребление в течение 30 лет взрослыми и 6 лет детьми питьевой воды с повышенным содержанием железа и алюминия, наблюдавшемся в период в 17.05.2023 по 28.05.2023, вызовет неприемлемый неканцерогенный риск от воздействия указанных веществ и высокую вероятность возникновения нарушения здоровья.

3. Употребление в течение короткого периода времени длительностью 12 дней как взрослыми, так и детьми питьевой воды с повышенным содержанием железа и алюминия, наблюдавшемся в период с 17.05.2023 по 28.05.2023, не приведет к возникновению неприемлемого неканцерогенного риска от воздействия указанных веществ.

Таким образом, при аварийных ситуациях на централизованных системах питьевого водоснабжения можно использовать методологию оценки риска в целях определения допустимого для здоровья населения времени ликвидации аварийной ситуации.

Список литературы

1. Федеральный проект «Чистая вода». Первые итоги / С.А. Горбанев, Г.Б. Еремин, Ю.А. Новикова, Д.С. Выучейская // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2019. – Т. 14, № 1. – С. 252–259.

2. Опыт установления и доказывания вреда здоровью населения вследствие потребления питьевой воды, содержащей продукты гиперхлорирования / Н.В. Зайцева, И.В. Май, С.В. Клейн, Э.В. Седусова // Здоровье населения и среда обитания. – 2015. – Т. 12, № 273. – С. 16–18.

3. Фридман К.Б., Новикова Ю.А., Белкин А.С. Оценка риска для здоровья в целях гигиенической характеристики систем водоснабжения // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 7. – С. 686–689.

4. Гигиеническое обоснование управленческих решений с использованием интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности и

эпидемиологической безопасности / Ю.А. Рахманин, А.В. Мельцер, А.В. Киселев, Н.В. Ерастова // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 4. – С. 302–305.

5. Эколого-гигиеническая оценка риска здоровью населения Республики Башкортостан, обусловленного качеством питьевой воды / Т.К. Валеев, Р.А. Сулейманов, З.Б. Бактыбаева, Н.Н. Егорова, Р.А. Даукаев, Н.Р. Рахматуллин // Безопасность жизнедеятельности. – 2017. – Т. 203, № 11. – С. 57–64.

6. Риск-ориентированный подход к организации контроля качества питьевой воды / Е.Д. Нефедова, М.М. Хямяляйнен, И.Б. Ковжаровская, Г.В. Шевчик // Водоснабжение и санитарная техника. – 2018. – № 3. – С. 5–9.

7. Гигиеническая оценка качества питьевой воды и риски для здоровья населения Приморского края / П.Ф. Кику, Л.В. Кислицына, В.Д. Богданова, К.М. Сабирова // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 1. – С. 94–101.

8. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200037399 (дата обращения: 12.06.2023).

Распространенность антибиотиков группы макролидов в водных объектах (обзор)

М.О. Старчикова, Т.Д. Карнажицкая, Т.В. Нурисламова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Резкое увеличение потребления антибиотиков во время COVID-19 привело к интенсивному загрязнению объектов окружающей среды, в особенности водных. Присутствие антибиотиков в водных объектах формирует риск для здоровья человека из-за возрастающей устойчивости бактерий к антибиотикам. К числу наиболее часто применяемых для лечения антибиотиков относятся представители группы макролидов (азитромицин, эритромицин, кларитромицин и рокситромицин). В связи с возможным негативным воздействием на здоровье человека во всех странах мира проводятся мониторинговые исследования содержания антибиотиков в водных объектах. Проведен обзор зарубежной научно-технической литературы по распространенности макролидов в питьевой и природной воде, опубликованной за период 2019–2023 гг.

Ключевые слова: антибиотики, макролиды, азитромицин, эритромицин, кларитромицин, рокситромицин, водные объекты.

Распространение антибиотиков и их метаболитов в объектах окружающей среды, в особенности водных, и увеличение резистентности микроорганизмов к антимикробным препаратам является глобальной проблемой мирового сообщества [1]. Источниками поступления антибиотиков и их метаболитов в водные объекты являются медицинские учреждения, фармацевтические предприятия, сельскохозяйственная промышленность, научно-исследовательские центры, бытовые сточ-

ные воды [2, 3]. Неиспользованные или просроченные лекарственные препараты также часто попадают в канализационную систему или выбрасываются с твердыми бытовыми отходами, что создает дополнительную нагрузку на систему сточных вод и, таким образом, на окружающую среду [4].

В результате высокого роста потребления антибиотиков и других фармацевтических препаратов во время COVID-19 загрязнение антибиотиками водных объектов увеличилось в несколько раз [5]. В начале 2020 г. быстрый прогрессивный и неблагоприятный исход заболевания коронавирусной инфекцией вынуждал медицину искать различные «вероятно эффективные» способы лечения, одним из которых стало применение для лечения антибиотиков класса макролидов (азитромицин, эритромицин, кларитромицин, рокситромицин) [6–11].

Постоянное и длительное потребление человеком пищевой продукции, в том числе питьевой воды, содержащей антибиотики или их метаболиты, увеличивает устойчивость бактерий к антибиотикам, что приводит к снижению эффективности лечения антибиотиками опасных инфекционных заболеваний [12]. Таким образом, распространенность антибиотиков в водных объектах стала предметом многочисленных исследований во всем мире.

Цель исследования – аналитический обзор зарубежной и отечественной научно-технической литературы за период 2019–2023 гг. по распространению (качественное и количественное обнаружение) макролидов в водных объектах в странах мира.

Материалы и методы. Изучено более 70 источников информации, касающихся мониторинговых исследований содержания антибиотиков класса макролидов в водных объектах, опубликованных в 2019–2023 гг., включающих публикации в специализированных журналах и методических документах. Поиск научно-технической литературы проведен по базам eLIBRARY, Scopus, Web of Science и поисковой платформе Google Academia Scholar.

Результаты. Анализ научно-технической литературы показывает, что в настоящее время во многих странах мира проводятся исследования по содержанию антибиотиков, в частности макролидов, в водных объектах. В России подобных исследований еще не проводилось. Информация о распространенности макролидов в водных объектах в разных странах представлена в таблице.

Распространение азитромицина (AZM), кларитромицина (CTM), эритромицина (ERY), рокситромицина (RTM), в водных объектах различных стран мира

Страна	Антибиотик	Концентрация, нг/л	Образец	Метод анализа	Авторы, год проведения исследований
Китай	RTM ERY -H_2O	4,71–24,2 95,3–782	Речная вода Речная вода	ВЭЖХ-МС/МС	Zhang Y. et al., 2017 [13]
Китай	ERY	0–1139,4	Озеро	УЭЖХ-МС	Li L. et al., 2018 [14]
Китай	ERY AZM CTM	0,06–5,75 (лето), 0,91–12,9 (осень) 3,14–935 (лето), 1,98–920 (осень) 0,18–266 (лето), 1,65–1,99 (осень)	Поверхностные воды	УЭЖХ-МС/МС	Chen X. et al., 2020 [15]

Окончание таблицы

Страна	Анти-биотик	Концентрация, нг/л	Образец	Метод анализа	Авторы, год проведения исследований
Китай	AZM	< 4,3	Река	ВЭЖХ-МС	Zhou L.J. et al., 2016 [16]
Китай	AZM RTM ERY CTM AZM ERY RTM	0,28–2,08 (лето), 0,17–3,99 (зима) 0,15–2,86 (лето), 0,20–1,21 (зима) 0,15–3,92 (лето), не обнаружен (зима) 0,07–0,85 (лето), не обнаружен (зима) 0,26–2,34 (лето), 0,01–0,28 (зима) 0,44–1,09 (лето) 0,02–0,29 (зима)	Водопроводная вода Вода из колодца	УВЭЖХ-МС/МС	Wang Y. et al., 2021 [17]
Вьетнам	ERY	0–0,16 (зима)	Речная вода	УЭЖХ-МС/МС	Ngo T. et al., 2015 [18]
Вьетнам	AZM	0–1520	Речная вода	ВЭЖХ-МС/МС	Da Le N. et al., 2020 [19]
Бангладеш	AZM	350	Рыболовная ферма	ЖХ-МС/МС	Kabir M.H. et al., 2020 [20]
Индия	AZM AZM, ERY	обнаружен обнаружены	Сточные воды Водопроводная вода	ВЭЖХ-УФ (качественный анализ)	Sija A. et al., 2019 [21]
Португалия	AZM CTM	0–2819 0–269	Поверхностные воды	ВЭЖХ-МС/МС	Fernandes M.J. et al., 2017 [22]
Ливан Франция	ERY AZM AZM	121–268 10,8–377,7 3,75–17	Поверхностные воды	УВЭЖХ-МС/МС	Azzi M. et al. 2019 [23]
Бразилия	CTM AZM CTM AZM	< 10-300 < 10–50 < 10 < 10	Поверхностные воды Водопроводная вода	ВЭЖХ-МС/МС	Bianco K. et al., 2015 [24]
Бразилия	AZM	80–650	Речная вода	ВЭЖХ-МС/МС	Boger B. et al., 2019 [25]

Наибольшее количество публикаций по изучению содержания антибиотиков в водных объектах проведено на территориях стран Азии. Так, авторами Y. Zhang et al. в 2017 г. проведены мониторинговые исследования по содержанию 16 антибиотиков, включая макролиды, в реке Чаобай, сточных водах бытовых и очистных сооружений в Китае, методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с тандемной масс-спектрометрией (ВЭЖХ-МС/МС). Анализ показал присутствие рокситромицина в 81,8 % образцах речной воды в диапазоне концентраций 4,71–24,2 нг/л; в бытовых сточных водах в диапазоне – 0–1,85 нг/г и в образцах сточных вод очистных сооружений в диапазоне – 0,92–1,61 нг/г. Обнаружено наличие эритромицина-H_2O (первичного продукта деградации эритромицина) в 95,5 % образцах речной воды в диапазоне от 95,3–782 нг/л; в бытовых сточных водах – 0–9,67 нг/г и сточных водах очистных сооружений в диапазоне – 5,3–10,2 нг/г [13].

L. Li et al. в 2018 г. методом ультраэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией (УЭЖХ-МС) проводил анализ 10 антибиотиков, в том числе эритромицина, офлоксацина в 17 озерах бассейна реки Янцзы (Китай). Диапазоны концентраций антибиотиков, обнаруженных во всех озерах, составили 0–106,04 нг/л для офлоксацина, и 0–1139,4 нг/л для эритромицина. Наибольшие концентрации среди антибиотиков во всех исследованных озерах обнаружены для эритромицина [14].

Автор X. Chen [15] et al. исследовал содержание макролидов в водных средах во время пандемии в 2020 г. Отбор проб осуществляли в поверхностных водах (озеро, река) вблизи больниц города Ухань. Всего обнаружено 72 лекарственных средства, в числе которых один противовирусный препарат, 9 макролидов, 10 фторхинолонов, 12 сульфаниламидов и 40 глюкокортикоидов – все они интенсивно использовались против COVID-19. Диапазон концентраций эритромицина составил 0,06–5,75 нг/л летом и 0,91–12,9 нг/л осенью, для азитромицина – 3,14–935 нг/л летом и 1,98–920 нг/л осенью, для кларитромицина – 0,18–266 нг/л летом и 1,65–1,99 нг/л осенью. Среди обнаруженных лекарственных средств макролиды доминировали в 17 из 19 проб воды летом, причем доля их участия варьировалась от 38,5 до 97,7 %. Частота обнаружения макролидов, а также концентрации азитромицина были намного выше, чем в исследованиях до пандемии COVID-19, где азитромицин обнаруживался до 4,3 нг/л в реке Янцзы [16].

В 2021 г. Y. Wang et al. проведены исследования по определению антибиотиков в водопроводной и колодезной воде в сельских районах провинций Чжэцзян и Цзянсу. Самая высокая частота обнаружения была у азитромицина (79,71–100 %), за ним следовали рокситромицин (25,71–100 %) и эритромицин (21,43–86,96 %). В водопроводной воде в летнее время азитромицин обнаружился в диапазоне концентраций 0,28–2,08 нг/л, рокситромицин – 0,15–2,86 нг/л, эритромицин – 0,15–3,92 нг/л, кларитромицин – 0,07–0,85 нг/л. В зимний период диапазон для азитромицина составил 0,17–3,99 нг/л, рокситромицина – 0,20–1,21 нг/л; эритромицин и кларитромицин не были обнаружены. В воде из колодца, отобранной в летний период, обнаруженные концентрации макролидов оказались выше, чем в пробах, отобранных в зимний период. В летний период для азитромицина диапазон обнаруженных концентраций составил 0,26–2,34 нг/л, эритромицина – 0,44–1,09 нг/л. В зимний период были обнаружены азитромицин (0,01–0,28 нг/л) и рокситромицин (0,02–0,29 нг/л) [17].

T. Ngo et al. в 2015 г. определял эритромицин и его продукт деградации (эритромицина-H_2O) в реке Кау (Вьетнам) методом УЭЖХ-МС/МС. Отборы об-

разцов воды проводились в летний, осенний и зимний периоды. Эритромицин обнаруживался только в пробах, отобранных зимой, в диапазоне 0–0,16 нг/л. Его продукт деградации не обнаружен ни в одном образце [18]. Исследователями N. Da Le et al. в 2020 г. проведен анализ азитромицина методом ВЭЖХ-МС/МС в реках, протекающих на территории Ханоя (Вьетнам). Диапазон концентраций азитромицина в образцах составил 0–1520 нг/л [19]. Авторы M.H. Kabir et al. в 2020 г. методом ЖХ-МС/МС в воде рыболовной фермы на территории Бангладеша обнаружили азитромицин с концентрацией 350 нг/л. В речной воде азитромицин не был обнаружен [20].

Учеными A. Sija et al. в Индии в 2019 г. проведены исследования по содержанию эритромицина, азитромицина в подземных водах, озере Перунгуди, водопроводной воде, болотистых местах, бытовых сточных водах на входе в очистные станции и после прохождения очистки. Анализ антибиотиков проводился методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с ультрафиолетовым детектированием (ВЭЖХ-УФ). Азитромицин был качественно обнаружен в сточных водах на входе в очистные сооружения и питьевой воде, эритромицин определен только в водопроводной воде [21].

Аналогичные мониторинговые исследования проводятся в странах Европы и Америки. M.J. Fernandes et al. в 2017 г. методом ВЭЖХ-МС/МС количественно определяли в поверхностных водах Португалии антибиотики, включая азитромицин, кларитромицин. В результате исследований обнаружены концентрации в диапазоне 0–2819 нг/л для азитромицина, 0–269 нг/л для кларитромицина. Самая высокая концентрация из всех антибиотиков наблюдалась у азитромицина – 2819 нг/л [22]. M. Azzi et al. в 2019 г. анализировали поверхностные воды в Ливане и Франции на содержание азитромицина и эритромицина. Эритромицин был определен только в пресных водах Ливана на уровне 121–268 нг/л. Азитромицин был определен во всех образцах в диапазоне концентраций 10,8–377,7 нг/л (Ливан) и 3,75–17 нг/л (Франция). Для количественного обнаружения антибиотиков применен метод ультра высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с тандемной масс-спектрометрией (УВЭЖХ-МС/МС) [23]. Авторы K. Bianco et al. в 2015 г. анализировали пробы поверхностных вод и водопроводной воды на территории г. Рио-де-Жанейро. Применений в анализе метод ВЭЖХ-МС/МС показал наличие кларитромицина в диапазоне концентраций < 10–300 нг/л для поверхностных вод, < 10 нг/л – для водопроводной воды. Азитромицин был обнаружен в диапазоне концентраций < 10–50 нг/л для поверхностных вод и < 10 нг/л – для водопроводной воды [24]. Другими авторами (B. Boger et al. в 2019 г.) в реках Белен и Бариги с помощью ВЭЖХ-МС/МС азитромицин обнаружен во всех образцах в концентрациях 80–650 нг/л [25].

Выводы. Изучена научно-техническая и методическая литература, которая позволила определить распространенность антибиотиков класса макролидов в водных объектах различных регионов мира. Распределение исследуемых антибиотиков варьировалось в зависимости от территории, сезона, среды обитания и типа воды. Места отбора водных проб, расположенных вблизи медицинских учреждений, обычно имели относительно высокие уровни содержания антибиотиков, в частности азитромицина. Частота обнаружения азитромицина в поверхностных водах была намного выше, чем в исследованиях до пандемии COVID-19, в связи с высоким ростом употребления антибиотиков при лечении, неподходящим способом очистки сточных вод, содержащих антибиотиков, на очистных сооружениях. Анализ источ-

ников информации подтвердил, что сточные воды являются основным источником поступления антибиотиков в поверхностные водоемы, используемые для хозяйственно-бытового назначения. Таким образом, требуется постоянный контроль содержания антибиотиков в водных средах для устранения возможных рисков, связанных с повышением резистентности к антибиотикам при лечении серьезных заболеваний населения всего мира.

Список литературы

1. Influence of pH, Humic Acids, and Salts on the Dissipation of Amoxicillin and Azithromycin Under Simulated Sunlight / L. Rodríguez-López [et al.]. // Spanish Journal of Soil Science. – 2022. – Vol. 12. – P. 10438. DOI: 10.3389/sjss.2022.10438

2. Presence of antibiotic resistance genes and its association with antibiotic occurrence in Dilúvio River in southern Brazil / J.B. Arsand [et al.] // Science of the Total Environment. – 2020. – Vol. 738. – P. 139781. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139781

3. Тимофеева С.С., Гудилова О.С. Антибиотики в окружающей среде: состояние и проблемы // XXI век. Техносферная безопасность. – 2021. – Т. 6, № 3 (23). – С. 251–265. DOI: 10.21285/2500-1582-2021-3-251-265

4. События и факты [Электронный ресурс] // Твердые бытовые отходы. – 2013. – № 3 (81). – С. 4–7. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_18961326_58660867.pdf (дата обращения: 10.06.2023).

5. Occurrence and risk assessment of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) against COVID-19 in lakes and WWTP-river-estuary system in Wuhan, China / X. Chen [et al.] // Science of the Total Environment. – 2021. – Vol. 792. – P. 148352. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148352

6. Pharmacokinetics and pharmacogenetics of macrolides (literature review) / A.A. Skryabina, V.V. Nikiforov, M.Z. Shakhmardanov, M.S. Zastrozhin, D.A. Sychev // Immunopathology, allergology, infectology. – 2022. – Vol. 1. – P. 11–16. DOI: 10.14427/jipai.2022.1.11

7. Булгакова В.А. Современные возможности диагностики, лечения и профилактики респираторных инфекций у детей // Фарматека. – 2013. – № 4. – С. 32–40.

8. Baranauskaite-Fedorova I., Dvarioniene J. Management of Macrolide Antibiotics (Erythromycin, Clarithromycin and Azithromycin) in the Environment: A Case Study of Environmental Pollution in Lithuania // Water. – 2022. – Vol. 15, № 1. – С. 10. DOI: 10.3390/w15010010

9. Антибактериальная терапия пациентов с COVID-19 на амбулаторном и стационарном этапах / Н.А. Кароли [и др.] // Антибиотики и химиотерапия. – 2022. – Т. 67, № 1-2. – С. 24–31. DOI: 10.37489/0235-2990-2022-67-1-2-24-31

10. Azithromycin in the treatment of COVID-19: a review / D. Echeverría-Esnal [et al.] // Expert review of anti-infective therapy. – 2021. – Т. 19, № 2. – С. 147–163. DOI: 10.1080/14787210.2020.1813024

11. Dayer M.R. An Accessible Prescription for COVID-19 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/354270490_An_Accessible_Prescription_for_COVID-19 (дата обращения: 10.06.2023).

12. Чеснокова С.М., Савельев О.В. Оценка устойчивости антибиотиков различных групп в водной среде методом биотестирования // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 9-1 (99). – С. 101–109. DOI: 10.23670/IRJ.2020.99.9.018

13. Ecotoxicological risk assessment and source apportionment of antibiotics in the waters and sediments of a peri-urban river / Y. Zhang [et al.] // Science of the total environment. – 2020. – Vol. 731. – P. 139128. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139128

14. Occurrence and ecological risk assessment of selected antibiotics in the freshwater lakes along the middle and lower reaches of Yangtze River Basin / L. Li [et al.] // Journal of environmental management. – 2019. – Vol. 249. – P. 109396. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.109396

15. Occurrence and risk assessment of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) against COVID-19 in lakes and WWTP-river-estuary system in Wuhan, China / X. Chen [et al.] // Science of the Total Environment. – 2021. – Vol. 792. – P. 148352. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148352

16. Trends in the occurrence and risk assessment of antibiotics in shallow lakes in the lower-middle reaches of the Yangtze River basin, China / L.J. Zhou [et al.] // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2019. – Vol. 183. – P. 109511. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2019.109511

17. Antibiotic residues of drinking-water and its human exposure risk assessment in rural Eastern China / Y. Wang [et al.] // Water Research. – 2023. – Vol. 236. – P. 119940.https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119940

18. Occurrence of pharmaceutical and personal care products in Cau River, Vietnam / T.H. Ngo [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2021. – Vol. 28. – P. 12082–12091. DOI: 10.1007/s11356-020-09195-0

19. Antibiotic and antiparasitic residues in surface water of urban rivers in the Red River Delta (Hanoi, Vietnam): concentrations, profiles, source estimation, and risk assessment / N. Da Le [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2021. – Vol. 28. – P. 10622–10632. DOI: 10.1007/s11356-020-11329-3

20. An LLE Based LC-ESI MS/MS Analytical Method Development to Detect Azithromycin Residue in Water to Monitor Contamination Level of River and Fish Farm of Bangladesh / M.H. Kabir [et al.] [Электронный ресурс] // Research Square. – URL: https://assets.researchsquare.com/files/rs-588090/v1/e9fc6a83-b16b-4201-87b6-88bb1133be20.pdf?c=1631885129 (дата обращения: 10.06.2023).

21. Qualitative evaluation of antibiotics from various water resources in and around Perungudi dumpsite, Chennai / A. Sija [et al.] // Rasāyan Journal of Chemistry. – 2019. – Vol. 12, № 2. – P. 915–920. DOI: 10.31788/RJC.2019.1225161

22. Antibiotics and antidepressants occurrence in surface waters and sediments collected in the north of Portugal / M.J. Fernandes [et al.] // Chemosphere. – 2020. – Vol. 239. – P. 124729. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.124729

23. Fast UHPLC-MS/MS for the simultaneous determination of azithromycin, erythromycin, fluoxetine and sotalol in surface water samples / M. Azzi [et al.] // Applied Sciences. – 2021. – Т. 11, № 18. – С. 8316. https://doi.org/10.3390/app11188316

24. Mobile resistome of microbial communities and antimicrobial residues from drinking water supply systems in Rio de Janeiro, Brazil / K. Bianco [et al.] // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12, № 1. – С. 19050. DOI: 10.1038/s41598-022-21040-7

25. Occurrence of antibiotics and antibiotic resistant bacteria in subtropical urban rivers in Brazil / B. Böger [et al.] // Journal of Hazardous Materials. – 2021. – Vol. 402. – P. 123448. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.123448

Оценка потенциального риска возникновения бактериальных кишечных инфекций на примере Новоузенского района Саратовской области

И.С. Кошелева, Д.А. Кузянов, Л.П. Эрдниев, Ю.С. Гусев

Саратовский медицинский научный центр гигиены
ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Саратов, Россия

В 2013–2023 гг. проведен мониторинг бактериального загрязнения хозяйственно-питьевого водоснабжения, водоисточников, зон рекреации в Новоузенском районе Саратовской области. Проведена оценка уровня микробного риска, обусловленного потреблением питьевой воды из системы централизованного водоснабжения района. Выявлены определяющие факторы, влияющие на риск возникновения острых кишечных инфекций.

Ключевые слова: оценка риска, централизованное водоснабжение, острые кишечные инфекции.

Обеспечение безопасного водопользования является необходимым условием профилактики возникновения заболеваний, связанных с потреблением питьевой воды.

Уровень естественной бактериальной обсемененности водоисточников во многом зависит от температуры воды. Известно, что диапазон температур от + 3 ºС до + 45 ºС является оптимальным для жизнедеятельности большинства известных групп микроорганизмов. Таким образом, потепление климата может негативно сказываться на гигиенической безопасности источников питьевого водоснабжения, что, в свою очередь, создает риски развития заболеваний, ассоциированных с водным фактором, в том числе острых кишечных инфекций.

Новоузенский район расположен в юго-восточной части Саратовского Заволжья. Это один из наиболее засушливых районов области.

В Новоузенском районе Саратовской области водоподготовка питьевой воды осуществляется на станции г. Новоузенска с водозабором из реки Большой Узень. В посёлках Основный и Алгайский, а также в селе Куриловка питьевая вода подается населению без предварительной водоподготовки. Учитывая вышесказанное, следует уделить особое внимание выявление, количественная оценка и регулирование возможного микробного риска.

Цель исследования – оценка уровня микробного риска, связанного с потреблением воды из системы централизованного водоснабжения на аридной территории Саратовской области.

Материалы и методы. Объект исследования – река Большой Узень, используемая для централизованного водоснабжения населения Новоузенского района Саратовской области.

Отбор проб воды проводился ежемесячно в период с января 2013 г. по апрель 2023 г. в точках водозабора и у потребителя. Мониторинговые точки располагались

на территории г. Новоузенска, посёлков Основный и Алгайский, села Куриловка. Всего за время наблюдений было отобрано 687 образцов (г. Новоузенск – 252, п. Основный – 180, п. Алгайский – 120, с. Куриловка – 135). Оценка санитарно-микробиологических показателей проб воды проводилась на базе ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Саратовской области» в соответствии с МУК 4.2.1884-04 [1] и СанПиН 2.1.4.1074-01 [2].

Расчет уровня микробного риска проводился по МР 2.1.10.0031–11 «Комплексная оценка риска возникновения бактериальных кишечных инфекций, передаваемых водным путём» [3]. Сведения о численности населения, обеспеченного централизованным водоснабжением, среднесуточном объеме водопотребления на одного жителя и числе дней нерегулярной подачи воды потребителям предоставлены ГУП СО «Облводресурс» – «Новоузенский» и администрацией Новоузенского района Саратовской области.

Для статистического анализа применяли программу Statistica 10 (Statsoft, USA). Для проверки нормальности распределения данных в выборках, отражающих общее микробное число (ОМЧ), число обобщенных колиформных бактерий (ОКБ) и число термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ) использовали W-тест Шапиро – Уилка, коэффициенты асимметрии и эксцесса. Поскольку включенные в исследование количественные данные не соответствовали нормальному распределению, дальнейший статистический анализ осуществлялся с применением непараметрических методов.

Результаты. По результатам санитарно-микробиологических исследований проб воды, отобранных из реки Большой Узень в мониторинговых точках, расположенных на территории Новоузенского района Саратовской области, установлено, что 11,11 % проб не соответствовали гигиеническим нормативам. Наиболее часто регистрировалось превышение показателя ОМЧ – 83,33 % от числа нестандартных проб. Доля проб, не соответствующих установленным гигиеническим нормативам по показателям ОКБ и ТКБ, составила 58,33 и 41,67 % соответственно. Доля проб, не соответствующих установленным гигиеническим нормативам по двум и более санитарно-микробиологическим показателям, составила 62,5 % от общего числа нестандартных проб. По имеющимся данным, за период наблюдений возбудители бактериальных кишечных инфекций (холера, сальмонелла и др.) в исследуемых пробах обнаружены не были. Детализация результатов бактериологических исследований проб воды представлена в табл. 1.

Таблица 1

Результаты санитарно-бактериологических исследований проб воды, отобранных на территории Новоузенского района Саратовской области

Мониторинговая точка	Значение санитарно-микробиологического показателя, КОЕ/см³ *Me* (Q_1; Q_2)		
	ОМЧ	ОКБ	ТКБ
г. Новоузенск	62,0 (57,0; 73,0)	6,0 (4,0; 16,0)	10,0 (4,5; 35,0)
п. Основный	62,0 (60,0; 71,0)	6,0 (4,0; 13,5)	9,0 (4,0; 16,0)
п. Алгайский	67,0 (56,0; 81,5)	6,0 (4,0; 35,0)	35,0 (5,0; 35,0)
с. Куриловка	65,0 (58,0; 81,5)	4,0 (3,5; 7,5)	3,0 (1,0; 4,5)

Для нестандартных проб значения ОМЧ, зарегистрированные в пробах воды, отобранных на территории г. Новоузенска, составили 62,0 (57,0; 73,0) КОЕ/см³, что

на 24 % выше установленных МУК 4.2.1884-04 нормативов. Для населенных пунктов п. Основный, п. Алгайский и с. Куриловка значения показателя общего микробного числа равнялись 62,0 (60,0; 71,0), 67,0 (56,0; 81,5) и 65,0 (58,0; 81,5) КОЕ/см³ соответственно.

Согласно действующим нормативным документам, критерием эпидемиологической безопасности питьевой воды является отсутствие бактерий группы кишечной палочки (ОКБ) и термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ). В ходе проведенного санитарно-микробиологических анализа были установлено наличие вышеперечисленных групп микроорганизмов во всех мониторинговых точках.

Следует отметить, что микробное загрязнение регистрировалось как в точках водозабора, так и при отборе проб у конечного потребителя, что может быть связано с неудовлетворительным состоянием водопроводной сети в г. Новоузенске и отсутствием предварительной водоподготовки в населенных пунктах п. Основный, п. Алгайский и с. Куриловка.

На основании данных бактериологических исследований произведена оценка уровня микробного риска, обусловленного санитарно-микробиологическим состоянием источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и условиями централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения на аридной территории Саратовской области (табл. 2).

Таблица 2

Оценка микробного риска с применением математических моделей расчета

Базовые факторы оценки	Мониторинговая точка			
	г. Новоузенск	п. Основный	п. Алгайский	с. Куриловка
	R_{fac}	R_{fac}	R_{fac}	R_{fac}
Источник централизованного водоснабжения (поверхностный)	0,58 (высокий)	0,58 (высокий)	0,57 (высокий)	0,59 (высокий)
Условия хозяйственно-питьевого водоснабжения	0,33 (средний)	0,79 (очень высокий)	0,54 (высокий)	0,61 (очень высокий)
Зона рекреации	0,37 (средний)	0,43 (средний)	0,41 (средний)	0,45 (средний)
Комплексная оценка	0,41	0,62	0,51	0,55
Уровень микробного риска	Высокий	Очень высокий	Высокий	Высокий

В соответствии с классификацией, приведенной в МР 2.1.10.0031–11, уровень микробного риска, ассоциированного с питьевым употреблением воды из реки Большой Узень, расценивается как высокий (г. Новоузенск, п. Алгайский, с. Куриловка) и очень высокий (п. Основный). Наибольший вклад в формирование риска развития острых кишечных инфекций на территории г. Новоузенска вносит санитарно-микробиологическое состояние источника централизованного водоснабжения (R_{fac} = 0,58). В населенных пунктах п. Основный, п. Алгайский и с. Куриловка на формирование микробного риска также оказывают влияние условия хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Выводы:

1. При проведении оценки санитарно-микробиологического качества питьевой воды из системы централизованного водоснабжения Новоузенского района Са-

ратовской области установлены отклонения от гигиенического нормативов по основным санитарно-микробиологическим показателям.

2. Степень риска возникновения острых кишечных инфекций, при потреблении питьевой воды из системы централизованного водоснабжения на территории г. Новоузенска, п. Алгайский и с. Куриловка оценивается как высокая, в то время как уровень микробного риска, обусловленного питьевым фактором, для населения п. Основный характеризуется как очень высокий.

3. Определена роль санитарно-микробиологического состояния источника централизованного водоснабжения и условий хозяйственно-питьевого водоснабжения в формировании риска развития острых кишечных инфекций.

Список литературы

1. МУК 4.2.1884-04. Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов: методические указания. – М.: Отделение издания Федерального центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. – 75 с.

2. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. – 59 с.

3. Комплексная оценка риска возникновения бактериальных кишечных инфекций, передаваемых водным путем: методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 47 с.

Объекты складирования нефтесодержащих отходов как объекты накопленного вреда окружающей среде и источники риска для здоровья населения

Е.В. Максимова, И.В. Май

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Федеральным законом от 3 июля 2016 г. № 254-ФЗ предусмотрено категорирование объектов накопленного вреда окружающей среде. Установлено, что длительное существование объектов складирования нефтесодержащих отходов является причиной загрязнения объектов среды обитания, формирования риска и негативного воздействия на здоровье детского населения. Показано, что риск здоровью составил 0,60 (высокий уровень); вклад групп факторов в риски для здоровья: пространственные характеристики – 42 %, характеристики среды обитания – 22 %, геолого-технологические характеристики – 17 %, общие параметры – 12 %, климатические характеристики – 7 %. Уровень заболеваемости детского населения превышает среднерегиональные значения в 1,8 раза. Отнесение объекта к категории «высо-

кого риска» позволяет считать его приоритетным и обязательным для первоочередного включения в список ликвидируемых объектов. В перспективе после ликвидации объекта накопленного вреда данная территория планируется под строительство жилой застройки, таким образом, проведение работ по ликвидации нефтесодержащих отходов и рекультивации земель представляется крайне актуальным.

Ключевые слова: нефтесодержащие отходы, объекты накопленного вреда, окружающая среда, риск для здоровья, федеральный проект «Генеральная уборка».

В конце прошлого века в процессе приватизации производственных мощностей новые собственники снимали с себя ответственность за накопленные отходы и вред, причиненный окружающей среде. Проблемные объекты передавали государству, органам местного самоуправления или просто бросали. Для решения данной проблемы реализуется федеральный проект «Генеральная уборка», который включен в государственную программу Российской Федерации «Охрана окружающей среды» [1]. Цель проекта – решение многолетней проблемы ликвидации опасных объектов на всей территории Российской Федерации. Объекты завершенной экономической и иной деятельности, на которых расположены бесхозяйные объекты капитального строительства, и объекты размещения отходов в Федеральном законе № 7-ФЗ[2] определены как объекты накопленного вреда окружающей среде (далее – объекты накопленного вреда). На текущий момент в федеральном реестре зарегистрировано более 3500 бесхозных, неиспользуемых полигонов и свалок бытовых и промышленных отходов, породных отвалов, хвостохранилищ, шламонакопителей, заброшенных зданий и т.п.

В значимом количестве случаев объекты накопленного вреда находятся в границах поселений либо в непосредственной близости к ним [1, 2]. Ветер, дождевые, талые, поверхностные и подземные воды способствуют распространению загрязнений на прилегающие территории [3, 4]. Под негативным воздействием также находятся и биогеоценозы, в которых зачастую изменяется видовой состав и биопродуктивность [5]. В результате загрязнения атмосферного воздуха, природных и питьевых вод, почв и сельскохозяйственной продукции, выращиваемой на территории, прилегающей к объектам накопленного вреда, негативному воздействию в зонах влияния объектов накопленного вреда подвержено население [6–10].

Федеральным законом от 3 июля 2016 г. № 254-ФЗ[3] предусмотрено категорирование объектов накопленного вреда окружающей среде для выделения из них приоритетных «в целях обоснования очередности проведения работ по ликвидации накопленного вреда окружающей среде и принятия неотложных мер» (п. 6 ст. 80.1 Федерального закона № 7-ФЗ).

В 2022 г. было проведено обследование, оценка и категорирование порядка 190 объектов накопленного вреда в 56 регионах страны. Из этого числа примерно 22 объекта напрямую связаны с последствиями добычи, хранения или транспорти-

[1] О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Охрана окружающей среды: Постановление от 24.06.2022 г. № 1132 [Электронный ресурс]. – URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202206280079 (дата обращения: 12.08.2023).

[2] Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 12.08.2023).

[3] О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 3 июля 2016 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://base.garant.ru/71434226 (дата обращения: 12.08.2023).

ровки нефти: нефтешламовые амбары, хранилища отработанных нефтепродуктов, территории, загрязненные нефтепродуктами в результате аварий на трубопроводах, добывающих установках и т.п.

Негативное воздействие нефтяного загрязнения на объекты среды обитания доказано многими исследованиями. Так, в ряде работ показано химическое загрязнение недр и природных вод в зонах нефтяных разработок и хранения отходов [11–13]. В результате изменяется химический и микробиологический состав почв, что в дальнейшем теряет способность к удерживанию влаги [14, 15]. Страдает биологическое разнообразие растительности [16, 17].

Существуют негативные последствия воздействия нефтепродуктов и / или продуктов их распада на здоровье населения [18, 19]. Доказано, что наиболее восприимчивыми и уязвимыми группами населения являются дети и подростки. В условиях длительной экспозиции происходит снижение неспецифической иммунной защиты организма, что способствует развитию у ребенка или подростка целого ряда заболеваний как аллергической, так и неаллергической природы [20, 21].

Цель исследования – оценка и характеристика риска здоровью населения, формируемого влиянием объектов складирования нефтесодержащих отходов (нефтешламовых амбаров), расположенных в границах городского поселения.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись нефтешламовые амбары, расположенные в городском округе общей численностью населения 40 тыс. человек. Данный объект входит в государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде.

На участке общей площадью 10,4 га расположено 9 нефтешламовых амбаров, в которых накоплено порядка 103,0 тыс. $м^3$ нефтесодержащих отходов. Земляные емкости в прошлом использовались для слива нефтепродуктов при очистке железнодорожных цистерн. Территория участка представляет собой площадку с углублениями, разбитыми на ячейки, заполненными жидкой и густой массой темно-коричневого цвета. Объект расположен в черте поселения. В 35 м от границ объекта накопленного вреда расположена жилая застройка. Численность населения под воздействием 40,2 тыс. человек. Децентрализованные источники питьевого водоснабжения находятся в зоне влияния объекта накопленного вреда и могут потенциально испытывать влияние фильтратов от отходов.

Для оценки рисков для здоровья населения применяли методические подходы, разработанные и утвержденные Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека[1] и в общем виде изложенные в статье Н.В. Зайцевой с соавт. [22].

Нефтешламовые амбары оценивали по 86 показателям, объединенным в несколько групп: общие параметры (период существования объекта; масса отходов; площадь, занятая объектом НВОС и т.п.); климатические характеристики (климатическая зона, частота повторяемости ветра в направлении ближайшей жилой застройки, и т.п.); пространственные характеристики по отношению к населенным пунктам (расстояние до ближайшего поселения, численность населения в ближай-

[1] МР 2.1.10.0273-22. 2.1.10. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Оценка воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде на здоровье граждан и продолжительность их жизни, в том числе с возможностью проведения экспресс-оценки [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_423034/ (дата обращения: 12.08.2013).

шем поселении, кратность превышения заболеваемости в ближайшей жилой застройке и т.п.); геолого-технологические характеристики (тип грунта, глубина залегания грунтовых вод и пр.); показатели качества объектов среды обитания в зоне влияния объекта, в том числе и наличие жалоб населения на качество объектов среды обитания.

Значение каждого отдельного показателя характеризовали определенной степенью опасности (от пренебрежимо малой до чрезвычайно высокой). Весовые вклады групп показателей в совокупный риск здоровью для нефтешламовых амбаров, которые были отнесены к объектам типа «Жидкие химические отходы», составляли: общая характеристика – 0,1; климатическая характеристика – 0,1; пространственная характеристика – 0,30; геолого-гидрологические характеристики – 0,15; показатели качества среды обитания – 0,35.

Полученную величину суммарного риска сопоставляли со шкалой (от 0 до 1), в которой риск относили к одной из категорий риска – от низкого до очень высокого.

Исследования объекта были выполнены в 2022 г. Изучены фондовые материалы по данному объекту (о площади, объемах накопленных отходов; о типах грунтов под объектом накопленного вреда и т.д.).

Инструментальные исследования объектов среды обитания включали отбор и анализ проб атмосферного воздуха, природных и питьевых вод, почв, сельскохозяйственной продукции, выращиваемой на территории, прилегающей к объектам накопленного вреда. Точки отбора проб почвы располагались в точках размещения ближайшего жилья и на ближайшей границе земель сельскохозяйственного назначения. Пробы воздуха отбирали в зоне ближайшей жилой застройки. Пробы питьевой воды отбирали из децентрализованных источников в ближайшем населенном пункте.

Все инструментальные исследования выполнены аккредитованным испытательным лабораторным центром с применением стандартизованных методик. Проведено более 400 количественных определений 52 показателей, характеризующих безопасность и качество объектов среды обитания.

Результаты. Анализ фондовых материалов показал, что объект как место хранения нефтяных отходов существует более 28 лет. Влажность шлама – от 18 до 65 %. Шламы загрязнены твердыми коммунальными отходами. Не исключалась возможность размещения на площадке промышленных отходов – в составе отходов идентифицированы полимерные материалы, синтетический каучук, механические примеси неопределенного химического состава.

Нефтепродукты в составе шлама составляют от 15 до 70 % (в зависимости от точки отбора пробы непосредственно из массы отходов). Отходы характеризуются присутствием целого комплекса металлов: алюминия (до 12,1 массовых % в отдельных пробах шлама); железа (до 16,6 %); свинца (до 0,03 %), мышьяка, ртути, кадмия, хрома, кобальта, цинка (с массовыми долями менее 0,01 %).

Инструментальные исследования показали, что почвы вблизи шламонакопителей интенсивно загрязнены химическими примесями (табл. 1).

Концентрации нефтепродуктов достигали в отдельных точках более 10 000 мг/кг (при региональном допустимом уровне не более 1000 мг/кг). Зафиксировано в значимых концентрациях присутствие всех измеренных канцерогенов: кадмия, мышьяка, свинца, хрома. Бенз(а)пирен отмечен на уровнях, близких к границе допустимого уровня.

Таблица 1

Санитарно-гигиенические показатели качества почв на границе участка размещения нефтешламовых амбаров

№ п/п	Определяемый показатель	Норматив, мг/кг*	Результат испытания, мг/кг		Показатели в фоновых точках
			среднее значение	максимальное значение	
1	Кадмий	2,0	15,98 ± 3,72	20,00	< 2,0
2	Мышьяк	10,0	1,6 ± 0,52	2,6	< 0,1
3	Цинк	55,0	106,8 ± 45,1	206,2	< 1,0
4	Свинец	130,0	Более 150	Более 150	< 0,5
5	Медь	132,0	150,6 ± 30,96	186,2	< 1,0
6	Нефтепродукты	1000	9537,8 ± 294,0	Более 10000	72,3 ± 18,2
7	Бенз(а)пирен	0,02	0,011 ± 0,003	0,014	< 0,001

Примечание: * – указан для песчаных почв, которые характерны для места расположения объекта

Выявлено и микробиологическое загрязнение почв со значительными отклонениями от гигиенических нормативов (табл. 2).

Таблица 2

Микробиологические и паразитологические показатели качества почв на границе жилой застройки, ближайшей к шламовым амбарам

№ п/п	Определяемые показатели	Единица измерения	Диапазон значений	Норматив
1	Общие колиморфные бактерии, в том числе *E. coli*	КОЕ/г	11–15	1–9
2	Энтерококки	КОЕ/г	9–11	1–9
3	Личинки гельминтов	экз/кг	10–13	1–9
4	Цисты патогенных кишечных простейших	экз/100 г	0–8	1–9
5	Яйца гельминтов	экз/кг	8–10	1–9

Настораживающим фактом является высокое загрязнение питьевых вод децентрализованного водоснабжения. В воде идентифицировали компоненты, характерные для накопленных отходов, в концентрациях, существенно превышающих установленные критерии безопасности (табл. 3).

Все измеренные органолептические показатели воды децентрализованных источников водоснабжения были выше установленных гигиенических нормативов. Так, мутность достигала 17,4 ЕМФ (при норме не более 2,6 ЕМФ); цветность – 70 градусов (при норме 30); запах в отдельных пробах фиксировали на уровне 5 балов (при допустимом уровне – не более 3,0). Анализ бактериологических показателей качества нецентрализованного питьевого водоснабжения показал наличие энтерококков в воде (до 1 КОЕ/100 $см^3$), по остальным исследуемым показателям нарушения не установлены.

В атмосферном воздухе ближайшей жилой застройки отмечены превышения предельно допустимых концентраций по этенилбензолу – до 2,3 $ПДК_{мр}$ и этилбензолу – до 5 $ПДК_{мр}$. По прочим примесям, маркерным для объектов хранения неф-

тешламов (углеводороды С1–С5 % С5–С10; сероводород, бензол, ксилолы, толуол, метан), нарушений гигиенических нормативов не было выявлено, но в 80 % проб вещества в воздухе фиксировали в значимых концентрациях.

Таблица 3

Санитарно-гигиенические показатели качества питьевой воды децентрализованных источников вблизи нефтешламовых амбаров

№ п/п	Определяемый показатель	Единица измерения	Норматив	Результат испытания	
				среднее значение	максимальное значение
1	Перманганатная окисляемость	мгO_2/дм^3	≤ 7,0	9,92 ± 1,16	11,9
2	Общая минерализация	мг/дм^3	1500	2539 ± 386,6	3055,0
3	Кадмий	мг/дм^3	0,001	0,025 ± 0,019	0,049
4	Медь	мг/дм^3	1,0	0,545 ± 0,114	0,600
5	Мышьяк	мг/дм^3	0,01	0,0015 ± 0,0007	0,0023
6	Свинец	мг/дм^3	0,01	0,034 ± 0,020	0,061
7	Нефтепродукты	мг/дм^3	0,05*	0,364 ± 0,375	0,93
8	Цинк	мг/дм^3	5,0	0,049 ± 0,018	0,068
9	Формальдегид	мг/дм^3	0,05	0,224 ± 0,08	0,38
10	Аммиак и аммоний-ион	мг/дм^3	1,5	4,16 ± 0,88	5,6
11	Нитриты	мг/дм^3	3,0	1,19 ± 0,29	1,5
12	Нитраты	мг/дм^3	45,0	51,42 ± 6,71	53,1
13	Сульфаты	мг/дм^3	500	480,6 ± 35,42	Более 500
14	Хлориды	мг/дм^3	350	431,82 ± 77,91	360,1
15	Марганец	мг/дм^3	0,1	0,165 ± 0,038	0,24
16	Железо	мг/дм^3	0,3	1,57 ± 0,49	Более 2

Примечание: * – не нормируется в воде нецентрализованного питьевого водоснабжения. Норматив указан условно для сравнения с нормативом для систем централизованного водоснабжения

В пищевых продуктах (огурцы, лук, морковь), выращиваемых на прилегающих к объекту сельскохозяйственных землях, выявлены повышенные уровни кадмия (до 33 МДУ в луке) и свинца (до 4,2 МДУ в огурцах) (табл. 4).

Таблица 4

Санитарно-гигиенические показатели качества продуктов питания вблизи нефтешламовых амбаров

Определяемый показатель	Единица измерения	Диапазон значений	Норматив
Огурцы	Кадмий	0,40 ± 0,04	0,03
	Свинец	1,80 ± 0,30	0,5
Лук	Кадмий	1,00 ± 0,30	0,03
	Свинец	2,00 ± 0,70	0,5
Морковь	Кадмий	0,46 ± 0,20	0,03
	Свинец	1,75 ± 0,60	0,5

Следует отметить, что анализ состояния здоровья населения жителей города показал, что уровень заболеваемости детского населения превышает среднерегиональные значения почти в 1,8 раза.

Полученные в результате оценки фондовых материалов и инструментальных испытаний результаты использовали для оценки риска. По выполненным расчетам величина риска для здоровья составила 0,60. Риск оценивался как высокий. Вклад групп факторов в риски для здоровья составил: пространственные характеристики – 42 %, характеристики среды обитания – 22 %, геолого-технологические характеристики – 17 %, общие параметры – 12 %, климатические характеристики – 7 %.

Выводы. Длительное существование объектов складирования нефтесодержащих отходов явилось причиной не только загрязнения среды обитания, но и формирования риска и негативного воздействия на здоровье детского населения. Вместе с тем отнесение объекта к категории «объект высокого риска» позволяет считать его приоритетным и обязательным для включения в список объектов, подлежащих первоочередной ликвидации. Принимая во внимание тот факт, что данная территория в перспективе после ликвидации объекта накопленного вреда планируется под жилищное строительство, проведение масштабных работ по ликвидации нефтешламовых амбаров и рекультивации земель представляется крайне актуальным.

Список литературы

1. Алыкова О.И., Чуйкова Л.Ю., Чуйков Ю.С. Накопленный экологический вред: проблемы и последствия. Сообщение 1. Государственный реестр ОНВОС // Астраханский вестник экологического образования. – 2021. – Т. 2, № 62. – С. 88–113.

2. Алыкова О.И., Чуйкова Л.Ю., Чуйков Ю.С. Накопленный экологический вред: проблемы и последствия. Сообщение 2. Анализ ситуации // Астраханский вестник экологического образования. – 2021. – Т. 2, № 62. – С. 114–137.

3. Питулько В.М. Методология накопленного экологического вреда как инструмент реабилитации водосборной геосистемы // Вода Magazine. – 2018. – Т. 3, № 127. – С. 48–52.

4. Геоинженерная защита территорий, нарушенных объектами накопленного экологического вреда / К. Чертес, О. Тупицына, В. Пыстин, В. Шишкин, А. Михасек, Е. Петренко, А. Букин, А. Сергеева, Д. Шерстобитов // Экология и промышленность России. – 2020. – Т. 24, № 4. – С. 10–15.

5. Пичугин Е.А., Шенфельд Б.Е. Здоровье граждан и продолжительность их жизни как критерий при оценке негативного воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде на состояние окружающей среды и человека // Экология урбанизированных территорий. – 2021. – № 3. – С. 62–70.

6. Бабурина Т.А. Экологическая оценка негативного влияния сточных вод полигона ТБО (фильтрата) на окружающую среду // Вопросы науки и образования. – 2017. – Т. 6, № 7. – С. 177–178.

7. Макаров А.В. Ликвидация прошлого экологического ущерба: мировой опыт и современное состояние в Российской Федерации // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. – 2013. – Т. 6, № 5. – С. 106–118.

8. Оценка качества среды обитания и рисков для здоровья населения г. Закаменска – территории длительного хранения отходов Джидинского вольфрамо-молибденового комбината / С.А. Вековшинина, С.В. Клейн, С.С. Ханхареев, Л.В. Макарова, Е.В. Мадеева, А.А. Болошинова // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 1. – С. 15–20.

9. Kleyn S.V., Vekovshinina S.A. Priority risk factors related to drinking water from centralized water supply system that create negative trends in population health // Health Risk Analysis. – 2020. – № 3. – P. 48–59.

10. Научно-методические аспекты и практический опыт формирования доказательной базы причинения вреда здоровью населения в зоне влияния отходов прошлой экономической деятельности / Н.В. Зайцева, И.В. Май, С.В. Клейн, С.С. Ханхареев, А.А. Болошинова // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 11. – С. 1038–1044.

11. Середин В.В., Пушкарева М.В., Лейбович Л.О. Воздействие объектов хранения нефтепродуктов на геологическую среду // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. – № 3. – С. 23–27.

12. Wang W. Alteration of vascular response to norepinephrine, calcitonin generelated peptide, and acetylcholine in orchidectomized rats // Acta Pharmacol Sin. – 2002. – Vol. 23 (11). – P. 985–990.

13. Study on the species and the bioavailabilities of heavy metals in oil-polluted soil / T. Shao, Z. Liu, K.-M. Huang, S.-O. Xie // J. China Environ. Sci. – 2000. – № 20. – P. 57–60.

14. Булуктаев А.А., Сангаджиева Л.Х., Даваева Ц.Д. Влияние нефтедобывающего комплекса на свойства почв в зоне заповедного режима // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2015. – Т. 15, № 4. – С. 109–114.

15. Влияние нефти на почвенный покров и проблема создания нормативной базы по влиянию нефтезагрязнения на почвы / С.Я. Трофимов, Я.М. Аммосова, Д.С. Орлов, Н.Н. Осипова, Н.И. Суханова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17: почвоведение. – 2000. – № 2. – С. 30–34.

16. Нефтезагрязненные биогеоценозы / А.А. Оборин, В.Т. Хмурчик, С.А. Иларионов, М.Ю. Маркарова, В.Т. Хмурчик. – Пермь, 2008. – 511 с.

17. Боронникова С.В., Светлакова Т.Н., Суслонов А.В. Разработка новых подходов оценки генетической изменчивости растений при нефтяном загрязнении почв // Наука и бизнес: пути развития. – 2010. – № 2. – С. 4–5.

18. Оценка многосредового риска для здоровья населения, проживающего на территориях интенсивной нефтедобычи / М.В. Пушкарева, Л.О. Лейбович, А.А. Чиркова, А.В. Коноплев // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. – № 1. – С. 27–30.

19. Assessing health risks associated with drinking water quality (on the example of regions in Bashkortostan where oil fields are located) / L.R. Rakhmatullina, R.A. Suleymanov, T.K. Valeev, Z.B. Baktybaeva, N.R. Rakhmatullin // Health Risk Analysis. – 2021. – № 2. – P. 33–40.

20. Оруджев Р.А., Джафарова Р.Э. Особенности токсического действия углеводородов нефти на организм человека // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2017. – Т. 16, № 4. – С. 8–15.

21. Occupational social class, risk factors and cardiovascular disease, incidence in men and women / E. McFadden [et al.] // Eur. J. Epidemiol. – 2008. – Vol. 23, № 7. – P. 449–458.

22. On assessing impacts exerted by objects of accumulated environmental damage on human health and life expectancy / N.V. Zaitseva, I.V. May, S.V. Kleyn, D.A. Kiryanov, A.M. Andrishunas, N.N. Sliusar, E.V. Maksimova, M.R. Kamaltdinov // Health Risk Analysis. – 2022. – № 1. – P. 4–16.

Реализация федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография» в Забайкальском крае в 2022–2023 гг.

Д.С. Ульданова[1], Д.З. Жалсапова[1], В.Ю. Семенщикова[1], А.С. Старновская[2], М.Ж. Шемышевская[2]

[1]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Забайкальскому краю,
[2]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Забайкальском крае» Роспотребнадзора,
г. Чита, Россия

В основу статьи положены данные исследований ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены», Управления Роспотребнадзора по Забайкальскому краю по оценке питания школьников, доступа населения к отечественной пищевой продукции, устраняющей дефицит нутриентов. Были выявлены факторы риска, которые связаны с проблемами организации питания школьников, требующие коррекции; нарушения при проверках школ. Результаты исследований пищевых продуктов показали, что существует риск либо недостаточности поступления ряда основных пищевых веществ, либо избыточного поступления энергии при расчете пищевых рационов. Анкетирование в организациях торговли показало наличие ограниченного ассортимента обогащенных пищевых продуктов.

Исследование позволяет обосновать необходимость принятия управленческих решений по улучшению питания школьников, о чем губернатору и правительству края внесены предложения.

Ключевые слова: демография, оценка питания, ожирение, факторы риска.

Выдающийся русский физиолог И.П. Павлов при вручении ему в 1904 г. Нобелевской премии сказал: «Над всеми явлениями человеческой жизни господствует забота о хлебе насущном. Она представляет собой ту древнейшую связь, которая соединяет все живые существа, в том числе и человека, со всей остальной окружающей их средой». Это выражение И.П. Павлова как нельзя лучше свидетельствует, что пища имеет приоритет над всеми остальными факторами, определяющи-

ми здоровье и полноценность жизни человека. Подсчитано, что на протяжении своей жизни человек съедает около 60 т различных продуктов питания [1].

Ключевыми задачами государственной политики в области здорового питания в рамках федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография» являются профилактика заболеваний, обусловленных нездоровым питанием, популяризация здорового образа жизни и снижение рисков избыточной массы тела и ожирения у детей; повышение доступности и востребованности организованного питания в общеобразовательных организациях для всех учащихся, включая детей с заболеваниями, требующими индивидуального подхода в питании, формирование благоприятных условий для гармоничного роста и развития детей.

В целях проведения подготовительного этапа исследований по оценке состояния питания обучающихся в общеобразовательных организациях Управлением Роспотребнадзора по Забайкальскому краю совместно с Министерством образования и науки Забайкальского края проведены совещания с директорами школ, специалистами комитетов образования, классными руководителями, родительским сообществом, и с ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Забайкальском крае» – с целью проведения обучения исследователей. В адрес органов исполнительной власти и местного самоуправления Забайкальского края были направлены информационные письма участникам исследований, заинтересованных ведомств, подготовлены пресс-релизы на сайт, проведены брифинги со средствами массовой информации и др.

Были проведены исследования по оценке фактического питания детей школьного возраста в 50 школах и у 7 организаторов питания (в 2022 г. – 50 школах и у 6 организаторов питания, в 2021 г. – в 60 школах). В ходе исследований проведены интервью (опрос) с 1689 учениками и их родителями впервые, с 1078 учениками и их родителями, проходившими опрос в 2022 г. (в 2022 г. – 1131, в 2021 г. – 600) – повторно. Опросы были направлены на изучение причин эпидемических масштабов распространения ожирения и избыточной массы тела, а также ее коррекции.

С целью оценки доступа населения к отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов, в 2022 г. было проведено анкетирование на 612 предприятиях торговли (в 2021 г. – 559).

Организован мониторинг качества и безопасности 11 основных групп пищевой продукции в 66 торговых точках Забайкальского края (в 2021 г. – в 216 торговых точках), из которых 20 (30,3 %) расположены в сельской местности (в 2021 г. – 16,4 %). Проведены 5937 исследований 184 образцов, из них 174 пробы (94,56 %) продукции отечественного производства (2021 г. – 219 проб и 8544 исследования, из них 200 проб (91,3 %) продукции отечественного производства).

В Забайкальском крае общая заболеваемость ожирением среди детей возраста 0–14 лет за период 2020–2022 гг. значительно выросла: в 2020 г. – 1137,3 на 100 тыс. детей, в 2021 г. – 1300,8, в 2022 г. – 1455,8. Заболеваемость ожирением подростков 15–17 лет значительно выше, чем заболеваемость детей: в 2020 г. – 3278,7 на 100 тыс. детей, в 2021 г. – 3315,8, в 2022 г. – 3501,0.

Число школьников с ожирением всех возрастных групп в Забайкальском крае, участвовавших в анкетировании и указавших значения массы и длины тела,

с ожирением составило 7,7 на 100 респондентов (в 2022 г. – 10,9), с избыточной массой тела – 18,2 на 100 респондентов (в 2022 г. – 17,5) [1].

Кроме того, по данным анкетирования, на фоне высоких показателей информированности семей о принципах здорового питания (95,4 %) придерживаются принципов здорового питания только 69 % респондентов[1].

Распространенность ожирения и избыточной массы тела у родителей детей с ожирением и избыточной массой тела существенно выше таковой у родителей детей, имеющих нормальную массу тела: 151,4 у отцов и 122,3 у матерей детей с избыточной массой тела и ожирением, против 70,5 у отцов и 48,3 у матерей детей, имеющих нормальную массу тела[1].

Учитывая, что здоровое питание имеет колоссальное значение в обеспечении гармоничного роста и развития детей, определяет их физическую и умственную работоспособность, формирует пищевые стереотипы поведения на перспективу, в исследовании большое внимание уделялось изучению экзогенных факторов риска избыточной массы тела и ожирения у детей. Детально изучались вопросы школьного и внешкольного питания детей, структура и режим питания, пищевые привычки и пищевое поведение школьников, продукты и блюда, которым отдается предпочтение детьми, частот потребления продуктов, источников витаминов и микронутриентов, а также продуктов источников повышенного поступления в организм соли и сахара, насыщенных жирных кислот. Также проводилась сравнительная оценка распространенности нездоровых пищевых стереотипов поведения и заболеваемости по группам детей с избыточной массой тела и ожирением в сравнении со школьниками, имевшими нормальную массу тела[1].

Согласно индивидуализированному краткому отчету по Забайкальскому краю за 2022–2023 учебный год, подготовленному ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, выявлены основные типовые факторы риска, которые напрямую связаны с проблемами организации питания школьников Забайкальского края, требующие коррекции[1].

По анкетам для руководителей общеобразовательных организаций определены следующие факторы риска:

- крайне низкий охват горячим питанием старшеклассников (59,7 %);
- низкий охват горячим питанием учащихся среднего звена (67,3 %);
- недостаточный охват школьников, посещающих группы продленного дня и детей, вынужденных обучаться на подвозе 2–3-разовым горячим питанием;
- несовершенство принимаемых на уровне субъектов РФ единых (типовых) меню, а также самостоятельно разрабатываемых меню основного питания, не обеспечивают ежедневную выдачу свежих фруктов и (или) овощей, а также включают колбасные и кондитерские изделия;
- при самостоятельной организации питания детей (без привлечения сторонних организаций) недостаточное внимание уделяется вопросам включения в меню продуктов и блюд, обогащенных витаминами и микронутриентами (48,8 %);
- нерешенность проблемы организации питания для детей с заболеваниями, требующими индивидуального подхода, в том числе с целиакией (40,3 %);

[1] Новикова И.И. Краткая информация о результатах анкетирования по вопросам школьного питания в рамках ФП «Укрепление общественного здоровья» / ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Роспотребнадзора, 31.07.2023 № 54-51-01/14-850-2023. – Новосибирск, 2023.

- ассортимент дополнительного питания скудный и не в полной мере отвечает принципам здорового питания;

- недостаточно активно внедряются востребованные школьниками инновационные формы организации питания – питание по выбору (9,2 %) и в формате шведского стола (0,7 %)[2].

По анкетам, предназначенным для организаторов питания, определены следующие факторы риска:

- наличие значительной цепочки промежуточных поставщиков от производителя до потребителя,

- не в полном объеме реализованы меры по приоритету местной продукции;

- значительный удельный вес импортной продукции поставляемой в общеобразовательные организации[3].

По анкетам, предназначенным для школьников и их родителей, выявлены основные причины, по которым школьники не удовлетворены качеством питания в школьной столовой: лидирующее положение занимают проблемы остывшей еды (40,5 на 100 респондентов), большой скученности людей во время приема пищи и недостаточность площадей (43,3 на 100 респондентов), длительное ожидание (26,0 на 100 респондентов), невкусная еда (22,6 на 100 респондентов)[4].

Также, определены основные факторы риска, требующие коррекции:

- взаимообусловленность проблем детского ожирения и низких доходов в семьях, имеющих детей школьного возраста, детского ожирения и отсутствия высшего образования у родителей;

- высокая распространенность проблемы дефицита в домашнем питании детей молочных продуктов (49,9 респондентов употребляют молочные продукты каждый день), рыбы (61,4 респондентов употребляют рыбу не реже одного раза в неделю), хлеба (45,4 респондентов употребляют ежедневно хлеб из муки грубого помола);

- не потеряла актуальность проблема достаточного ежедневного потребления детьми фруктов и овощей (33,3 респондента употребляют овощи ежедневно, 45,5 употребляют фрукты ежедневно);

- в структуре приоритетов пищевого выбора в качестве перекусах вне школы и дома у школьников первые ранговые места занимают выпечные и кондитерские изделия (50,1), соки и сокосодержащие напитки (64,4) чипсы (45,8), шоколад, конфеты (42,4), сладкие газированные напитки (44,8);

- школьники с избыточной массой тела и ожирением имеют более высокие показатели употребления колбасных изделий 3–4 раза в неделю (79,9) майонеза 3–4 раза в неделю (57,7), сдобной выпечки (79,9), сладких газированных напитков 3–4 раза в неделю (46,9);

- школьники с избыточной массой тела и ожирением имеют более высокие показатели распространенности привычки добавлять в горячие напитки 3 ложек сахара и более (63,7)[5].

В структуре причин, по которым респонденты (суммарно по все группам обучающихся) отказываются от питания в школьной столовой, лидирующее поло-

[2] Новикова И.И. Указ. соч.
[3] Там же.
[4] Там же.
[5] Там же.

жение занимают: привычка приносить еду из дома (36,1 %), недостаточное качество блюд (0,7 %), высокая цена блюд (13,9 %).

В Забайкальском крае 26,7 % респондентов дали предложения по улучшению питания школьников, среди которых лидирующее положение занимают: вариативное питание (23,4 %), шведский стол (13,4 %), наличие горячих блюд в ассортименте дополнительного питания (13,8 %), увеличение продолжительности перемен для приема пищи (13,3 %).

В 2022–2023 учебном году Управлением было проверено 95,1 % (600) общеобразовательных учреждений (в 2021–2022 учебном году было проверено 67,0 % или 428 школ).

Выявлены нарушения санитарного законодательства по несоответствию фактического меню примерному утвержденному меню (12,6 %); по наличию в меню колбасных изделий в составе горячих блюд школьных завтраков и обедов (21,5 %); по замене продуктов на менее биологически ценные и низкосортные (3,8 %).

Значительно увеличилась доля школ, в которых выявлены нарушения в части несбалансированности рациона питания с 28,9 % в 2021 г. до 53,8 % в 2022 г.; исключения отдельных продуктов в фактическом меню с 5,7 % до 16,2 %.

Кроме того, при проведении санитарно-эпидемиологической экспертизы соответствия фактического рациона питания примерному меню за 10 дней, оценки примерного меню установлено, что в 56 % школ Забайкальского края используется единое типовое меню для субъекта, в котором согласно экспертным заключениям по результатам санитарно-эпидемиологической экспертизы в нарушение требований санитарных правил и норм среднее содержание белков, жиров и углеводов за цикл (10 дней) на завтрак, содержание углеводов за цикл (10 дней) на обед ниже пределов нормируемых значений.

Всего в школах функционирует 626 пищеблоков, 348, или 55,5 %, являются сырьевыми, 256, или 40,6 %, являются доготовочными, 22, или 3,5 %, – буфеты-раздаточные. Отсутствуют пищеблоки в 13 школах, в настоящее время горячее питание в них организовано путем доставки готовой продукции из пищеблоков других школ и иных образовательных организаций и с использованием одноразовой посуды, прием пищи осуществляется в организованных буфетах-раздаточных.

Следует отметить, что в Забайкальском крае 40,6 % пищеблоков школ являются доготовочными, где отсутствуют специально оборудованные цеха для обработки сырого мяса, птицы, сырых овощей, в которых должно осуществляться приготовление блюд и кулинарных изделий из полуфабрикатов. В ходе проверок малокомплектных сельских школ отмечаются случаи нарушения требований санитарных правил в части осуществления работы доготовочных пищеблоков на сырье, что увеличивает риск несоблюдения поточности технологических процессов, технологии приготовления блюд, возникновения массовых инфекционных заболеваний среди детей.

Одним из решений проблемы является формирование модели организации школьного питания через централизацию процессов – комбинат школьного питания, которая характеризуется выпуском полуфабрикатов и готовой, охлажденной кулинарной продукции в комбинате питания, с последующей реализацией в школьных пищеблоках (столовых-раздаточных).

При этом необходимо организовать в Забайкальском крае кластер из местных хозяйств – потенциальных поставщиков сырья для комбината школьного питания

с целью снижения себестоимости готовых рационов, повышения качества готовой продукции и поддержки регионального производителя.

В настоящее время доля местных продуктов питания, поставляемых в учреждения социальной сферы, явно недостаточна, а потенциал местных производителей в этой части используется не в полной мере. Согласно исследованиям, проведенным в рамках национального проекта «Демография», в Забайкальском крае показатель использования операторами питания продукции местного производства в школьном питании значительно ниже такого показателя по ДФО и в целом по РФ в частности: использование молока местного производства (менее 50 %, в РФ и ДФО – около 100 %), кисломолочной продукции (около 60 %, в РФ и ДФО – около 100 %), крупы и бобовых (0 %, в РФ и ДФО – около 100 %), овощей, кроме картофеля (около 50 %, в РФ и ДФО – около 100 %), яиц (около 50 %, в РФ и ДФО – около 100 %)[6].

Кроме того, при анализе предварительных итогов оценки доступа населения к отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов отмечен ограниченный ассортимент или отсутствие пищевых продуктов (1–2 наименования одного вида молочной, хлебобулочной, мукомольно-крупяных изделий и т.д.), способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов, в том числе пищевой продукции, обогащенной белком, полиненасыщенными жирными кислотами, витаминами, макро- и микроэлементами, пищевыми волокнами, биологически активными веществами, а также специализированной пищевой продукции и пищевой продукции со сниженным содержанием насыщенных жиров, трансизомеров жирных кислот, простых сахаров и пищевой соли. В организациях торговли отсутствуют обогащенные пищевые продукты: (хлебобулочные и зерновые продукты; молоко и молочные продукты, специализированные пищевые продукты для детей), йодированная соль отсутствует в продаже. Обогащенные и специализированные продукты реализуются в основном в крупных торговых сетях и в специализированных магазинах.

Анализ ассортимента в 2022 г., представленного в торговых точках края, показал, что к продукции, имеющей высокий уровень доступности, относятся: хлеб, йогурт, макаронные изделия, сыр, колбаса вареная, рыбные консервы, мясные консервы, молоко, сосиски. При этом ряд продуктов имеют отрицательный индекс доступности: обогащенные пищевые продукты: хлебобулочной и зерновые продукты; молоко и молочные продукты, специализированные пищевые продукты для детей, рыба пресноводная, йодированная соль [2].

Доступность по минимальным ценам представлена для следующих продуктов: рыба океаническая, крупа перловая.

Основными путями ликвидации дефицита незаменимых микронутриентов в питании школьников служат оптимизация рационов и меню с включением в них различных групп продуктов – носителей различных микронутриентов, включение в рационы специализированных продуктов, обогащенных микронутриентами:

1. Мука пшеничная высшего и первого сорта (витамины: В, В, В, РР, фолиевая кислота, С, минеральные вещества: железо, кальций).

2. Хлеб и хлебобулочные изделия из пшеничной муки высшего и первого сорта (витамины: В, В, В, РР, фолиевая кислота, бета-каротин, минеральные вещества: железо, кальций, йод).

[6] Новикова И.И. Указ. соч.

3. Молоко и кисломолочные продукты (витамины: С, А, Е, D, бета-каротин, В, В, В, РР, фолиевая кислота, минеральные вещества: кальций).

4. Соль пищевая поваренная, вода минеральная, вода питьевая (минеральные вещества: йод, фтор, калий, магний).

5. Напитки (в том числе соки, нектары, сиропы, сокосодержащие напитки, безалкогольные напитки) (витамины: С, А, Е, бета-каротин и другие каротиноиды, В, В, В, РР, фолиевая кислота, флавоноиды, минеральные вещества: йод, железо, кальций).

6. Кондитерские изделия (витамины: С, А, Е, бета-каротин, В, В, В, РР, фолиевая кислота, Минеральные вещества: йод, железо, кальций).

7. Зерновые завтраки (витамины: С, А, Е, бета-каротин, В, В, В, РР, фолиевая кислота, минеральные вещества: железо, кальций).

8. Консервы плодово-ягодные, овощные (витамины: С, А, Е, бета-каротин и другие каротиноиды).

Кроме того, был организован мониторинг качества и безопасности 11 основных групп пищевой продукции в 66 торговых точках Забайкальского края (в 2021 г. – 216 торговых точках), из которых 20 (30,3 %) расположены в сельской местности (в 2021 г. – 16,4 %) 3].

Проведены 5937 исследований 184 образцов, из них 174 пробы (94,56 %) продукции отечественного производства (2021 г. – 219 проб и 8544 исследования, из них 200 проб (91,3 %) продукции отечественного производства), из которых в 31,5 % установлены несоответствия по показателям качества (в 2021 г. – 35,1 %), в том числе несоответствие сведений по содержанию основных пищевых веществ и энергетической ценности указанных на этикетке фактическим данным исследованных образцов 27,7 % (в 2021 г. – 43,0 %) [2].

Удельный вес проб, не соответствующих заявленным и / или референтным значениям по показателям качества, составил для:

– рыбы и продуктов ее переработки – 50,0 % (по массовой доле глазури, 4 из 8 проб);

– мукомольно-крупяных, хлебобулочных изделий – 50,0 %, в том числе: по пищевой ценности (16 из 36 проб), влажности (1 из 36), общей массовой доле волокон (2 из 36);

– мяса и мясной продукции – 70,0 % (по пищевой ценности, 21 из 30 проб);

– молока и молочной продукции – 22,9 %, в том числе: по пищевой ценности (8 из 35), жирно-кислотному составу (6 из 35), по сухому обезжиренному молочному остатку (2 из 35), по массовой доле влаги (1 из 35);

– кондитерских изделий – 10,0 % (по пищевым волокнам, 1 из 10 проб) [2].

Проведенный анализ расхождений фактических данных о пищевой и энергетической ценности пищевых продуктов, полученных лабораторными исследованиями, и данных, указанных на этикетке, свидетельствует о том, что существует риск либо недостаточности поступления ряда основных пищевых веществ, либо избыточного поступления энергии при расчете пищевых рационов [2].

По данным Забайкалкрайстата проведен сравнительный анализ среднедушевого потребления основных продуктов питания населением Забайкальского края.

В 2022 г. в сравнении с 2017 г. увеличилось потребление таких продуктов, как мясо и мясопродукты на 39,5 %; масло растительное и др. жиры на 26,3 %; яйца и яйцепродукты на 32,2 %; рыба и рыбопродукты на 24,2 %; овощи и бахчевые культу-

ры на 23,4 %; картофель на 20,8 %, также увеличилось потребление хлебных продуктов на 12,0 %, при этом потребление фруктов и ягод по сравнению с 2017 г. не изменилось и составило 64,8 кг/год на человека (2017 г. – 63,9 кг/год на человека). При сравнении среднедушевого потребления продуктов питания населением Забайкальского края и Российской Федерации за 2021 г., необходимо отметить, что население Забайкалья меньше употребляет овощей и фруктов, по остальным группам продуктов среднедушевое потребление продуктов питания выше, чем по России[7].

С учетом всех вышеуказанных обстоятельств для сохранения и укрепления здоровья населения необходимо дальнейшее проведение мониторинга, мероприятий профилактического характера, принятие управленческих решений.

Список литературы

1. Социально-политические аспекты здорового образа жизни российских граждан / В.К. Левашов, И.С. Шушпанова, В.А. Афанасьев [и др.] // Национальные демографические приоритеты: новые подходы, тенденции. – 2019. – Т. 5, № 4. – С. 83–87.

2. 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, 2022. – С. 5–6, 35–36.

Социально-экономические условия жизни как «риски рисков» для здоровья населения России

С.Ю. Шарыпова

ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Пермь, Россия

На материалах всероссийского мониторинга RLMS HSE (2021 г.) представлен анализ восприятия россиянами социально-экономических условий жизни как контекста формирования прямых факторов рисков для здоровья. Показано, что население России считает свои условия жизни стабильными, демонстрирует неприемлемость их ухудшения и низкую готовность предпринимать действия для изменения ситуации. Допущение вероятности ухудшения социально-экономических условий негативно сказывается на здоровье. Кластерный анализ позволил выделить группы с разным восприятием условий жизни и показать их различия в отношении здоровья.

Ключевые слова: социально-экономические условия, риски, факторы риска, здоровье, самосохранительное поведение.

[7] О среднедушевом потреблении продуктов питания населением Забайкальского края в 2022 г.: экспресс-информация / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Забайкальскому краю, 06.06.2023. № 07-21.

В интерпретации Всемирной организации здравоохранения «фактор риска» для здоровья – это то, что повышает вероятность появления болезни [1]. Существуют факторы риска внешнего (природные, техногенные и социальные обстоятельства) и внутреннего (особенности организма) воздействия [2]. Одна из важнейших задач системы здравоохранения – это сохранение и укрепление здоровья населения через учет факторов риска и управления ими. На сегодняшний день имеются данные, демонстрирующие, что влияние на прямые факторы риска не дает ожидаемого положительного эффекта в отношении здоровья [3, 4]. Это наталкивает на мысль, что для снижения уровня заболеваемости и смертности населения необходимо учитывать не только сами прямые факторы риска, но и контексты их формирования и существования, которые включают в себя множество ресурсов для здоровья [5]. Речь идет о так называемых «рисках рисков», которые хоть и не порождают ситуацию риска, но усугубляют ее и ограничивают возможности управления факторами риска. Изучение контекста существования факторов риска становится основой для новой концепции в сфере обусловленности здоровья – «теории фундаментальных причин» [6].

Помимо учета контекста факторов риска, важно понимать, что сложность в управлении рисками состоит в их разной интерпретации с точки зрения общественного восприятия и экспертного мнения [7]. Для массового сознания характерны отказ от оценки вероятности подверженности фактору риску и восприятие рискогенной ситуации как реализованного риска для здоровья. Кроме этого, чаще всего восприятие формируется в отношении «прямых» факторов рисков, которые непосредственно связаны со здоровьем, при этом из внимания упускаются «непрямые» факторы риска, т.е. «риски рисков». К ним относят социально-экономические условия жизни, которые могут влиять на восприятие риска и установление его приемлемости [8]. Осмысление восприятия населением социально-экономических условий своей жизни может оказаться полезным для понимания самосохранительного поведения и установок индивидов в отношении своего здоровья. К примеру, существуют исследования, которые показывают, что социально-экономические условия могут влиять на поведенческие факторы в сфере здоровья, тем самым выступать «рисками рисков» [9–11]. Низкая оценка социального и материального положения может «стеснять» условия для хорошей физической активности и для ответственного отношения к своему здоровью.

Цель исследования – проанализировать восприятие социально-экономических условий жизни как контекста поведенческих факторов рисков здоровья россиян.

Эмпирической базой выступили данные Российского мониторинга экономического положения и здоровья населения НИУ ВШЭ (РМЭЗ-ВШЭ)[1] за 2021 г. Выборочная совокупность репрезентирует население России в возрасте от 18 лет и старше (n = 9828 человек, мужчин – 4041, женщин – 5787, 41 и 59 % соответственно).

[1] Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения НИУ ВШЭ (RLMS HSE), проводимый Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики» и ООО «Демоскоп» при участии Центра народонаселения Университета Северной Каролины в Чапел Хилле и Института социологии Федерального научно-исследовательского социологического центра РАН. (Сайты обследования RLMS HSE: http://www.hse.ru/rlms и https://rlms-hse.cpc.unc.edu; дата обращения: 25.07.2023).

Здоровье респондентов характеризовалось на основе их самооценки через вопрос: «*Скажите, пожалуйста, как Вы оцениваете Ваше здоровье? Оно у Вас…*». В качестве показателя здоровья была выбрана методика самооценки, так как она находится в прямой сильной зависимости от объективных показателей здоровья, таких как наличие хронических заболеваний.

Для оценки поведения в сфере здоровья респондентам задавались вопросы, описывающие физическую активность (*Какой из вариантов описания лучше всего соответствует Вашим занятиям физкультурой? Не учитывайте физические нагрузки на работе*) и медицинскую активность (*Скажите, пожалуйста, как часто Вы посещаете врача в течение года?).*

Социально-экономическое положение россиян оценивалось через их субъективное восприятие с помощью вопросов: *Насколько Вы удовлетворены своей жизнью в целом / своим материальным положением в настоящее время? Представьте себе лестницу из 9 ступеней, где на нижней, первой ступени, стоят нищие, а на высшей, девятой – богатые. На какой из девяти ступеней находитесь сегодня Вы лично?*

Восприятие населением социально-экономических условий жизни как «риск рисков» оценивалось на основе методики Н.В. Зайцевой и А.О. Барг [12] через следующие показатели:

1) вероятность ухудшения социально-экономических условий (*Как Вы думаете, через 12 месяцев Вы и Ваша семья будете жить лучше или хуже, чем сегодня?*);

2) приемлемость (допустимость) ухудшения социально-экономических условий (*Насколько Вас беспокоит то, что Вы не сможете обеспечивать себя самым необходимым в ближайшие 12 месяцев? Насколько Вас беспокоит то, что Вы можете потерять работу?*);

3) готовность предпринимать действия по улучшению социально-экономических условий (*Представьте себе не очень приятную картину: предприятие, где Вы работаете, по каким-то причинам закроется, и все работники будут уволены. Насколько Вы уверены в том, что сможете найти работу не хуже той, на которой работаете сейчас?*).

При анализе данных использовались методы описательной статистики и корреляционного анализа, расчет отношения шансов (*OR*). Также применен многомерный метод – кластерный анализ. Обработка данных выполнена с помощью статистического пакета SPSS Statistics.

По результатам исследования можно сделать вывод, что население России в возрасте 18 лет и старше характеризует свое здоровье как «хорошее» (34 %) и «среднее» (50 %), при этом мужчины склонны выше оценивать состояние своего здоровья, нежели женщины (Гамма = 0,229 при $p < 0{,}001$). Несмотря на такую оценку, россияне демонстрируют невысокий уровень медицинской и физической активности. Посещают врачей один раз в месяц и более около 9 %. Совсем не занимаются физкультурой 71 % опрошенных, а те, кто занимаются, в основном выполняют легкие физкультурные упражнения для отдыха менее трех раз в неделю (13 %). Поведение россиян в сфере здоровья имеет гендерные различия. При высокой самооценке здоровья мужчины в сравнении с женщинами реже посещают врачей (Гамма = (-) 0,307 при $p < 0{,}001$), но в 1,2 раза чаще занимаются физкультурой (*OR* = 1,188 с 95 % ДИ 1,087–1,297).

Субъективное восприятие россиянами своего социально-экономического положения находится на уровне «ниже среднего». Половина респондентов заявляет о том, что удовлетворены своей жизнью, треть сомневается, дать ли однозначный ответ. Материальным положением удовлетворены еще меньше – всего 22 %, неудовлетворенность выражают 55 %. При оценке себя на социальной лестнице большинство россиян (70 %) практически равнозначно выбирают 3–5-ю ступени из 9 (где «1» – нищие, «9» – богатые), а к богатым (7–9-я ступени) относят себя не более 5 %.

Анализ восприятия социально-экономических условий как «риска рисков» показал, что большинство россиян (63 %) считают, что их уровень жизни в обозримом будущем не изменится, а вероятность ухудшения допускают 18 %. Большую часть опрошенных «очень» или «немного» беспокоит, что они не смогут обеспечивать себя самым необходимым в ближайший год (64 %), или что могут потерять работу (58 %). Совсем не беспокоятся об этом лишь 6 % и 9 % соответственно. Примерно лишь треть респондентов выражают уверенность в том, что смогут найти работу в случае увольнения. Следовательно, население России считает свои условия жизни стабильными и демонстрирует неприемлемость их ухудшения, а также низкую готовность предпринимать действия для изменения ситуации.

Для проверки гипотезы исследования, что восприятие социально-экономических условий может выступать «риском рисков» для здоровья, в частности для поведенческих факторов рисков, был реализован кластерный анализ методом *k*-средних. В результате кластеризации были выделены четыре группы в зависимости от показателей восприятия социально-экономических условий жизни как риска здоровью: 1) приемлемый управляемый (33 %); 2) незначительный управляемый (30 %); 3) незначительный неуправляемый (26 %); 4) неприемлемый неуправляемый (11 %). Самую многочисленную группу составляют россияне, которые низко оценивают вероятность ухудшения социально-экономических условий, но в случае ухудшения считают этот риск приемлемым и выражают готовность предпринимать действия по улучшению ситуации.

В группах с разным восприятием социально-экономических условий (СЭУ) наблюдаются различия в самооценке здоровья и в поведении в сфере здоровья, несмотря на то, что реальный средний доход в месяц (с учетом зарплаты, пенсии, премии, прибыли, пособия, материальной помощи, случайных заработков и других денежных поступлений) не имеет градации, схожей с градацией кластеров (таблица). Так, в группе «незначительный управляемый» и «неприемлемый неуправляемый» средний доход одинаковый.

Из данных таблицы видно, что самооценка здоровья снижается в зависимости от приемлемости и управляемости риском. Корреляционный анализ показал, что допущение вероятности ухудшения социально-экономических условий негативно сказывается на самооценке здоровья (Somers' $D = 0{,}223$ при $p < 0{,}001$). Восприятие условий жизни может иметь как положительный, так и отрицательный эффект для поведения в сфере здоровья. В группе, где риск оценивают как «приемлемый управляемый», чаще занимаются спортом, нежели в других группах, при этом реже посещают врачей те, для кого оценка риска является незначительной.

Характеристики групп россиян с разным восприятием СЭУ как риска

Параметр		Приемлемый управляемый	Незначительный управляемый	Незначительный неуправляемый	Неприемлемый неуправляемый
Социально-демографические характеристики					
Пол*	Мужской	46,8	48,7	44,5	44,2
	Женский	53,2	51,3	55,5	55,8
Средний возраст, количество лет		42	41	47	45
Средний доход в месяц, руб.		36000	30000	33000	30000
Самооценка здоровья и поведение в сфере здоровья					
Самооценка здоровья*	Очень хорошее	3,7	3,3	1,1	0,5
	Хорошее	51,9	50,0	41,6	33,9
	Среднее, не хорошее, но и не плохое	42,8	44,6	54,0	60,5
	Плохое	1,6	2,1	3,1	4,9
	Совсем плохое	0	0,1	0,1	0,3
Занятия спортом*	Занимаются	35,9	33,0	27,8	26,3
	Не занимаются	64,1	67,0	72,2	73,7
Частота посещения врача*	Один раз в месяц и чаще	6,2	5,0	3,8	6,3
	2–3 раза в год	43,0	43,3	41,3	46,6
	Один раз в год и реже	50,8	51,7	54,9	47,2

Примечание: * – процентное распределение.

Полученные данные подтверждают основную гипотезу исследования, что восприятие социально-экономических условий жизни может выступать контекстом факторов риска для здоровья, в частности поведенческих факторов. Таким образом, «прямыми» факторами риска можно управлять через влияние на более широкие контексты: воздействуя на социально-экономические условия жизни, можно менять установки и поведение индивида в отношении своего здоровья.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-18-00480 (https://rscf.ru/project/23-18-00480/).

Список литературы

1. Глобальные факторы риска для здоровья. Смертность и бремя болезней, обусловленные некоторыми основными факторами риска // Всемирная организация здравоохранения. – Женева: ВОЗ, 2015. – 62 с.

2. Савилов Е.Д., Шугаева С.Н. Фактор риска: теория и практика применения в эпидемиологических исследованиях // Эпидемиология и инфекционные болезни. – 2017. – № 6. – С. 306–310.

3. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья / А.Ю. Попова, В.Б. Гурвич, С.В. Кузьмин, А.Л. Мишина, С.В. Ярушин // Гигиена и санитария. – 2017. – № 12. – С. 1125–1129.

4. Социально-гигиенический мониторинг и информационно-аналитические системы обеспечения оценки и управления риском для здоровья населения и риск-ориентированной модели надзорной деятельности / С.В. Кузьмин, В.Б. Гурвич, О.В. Диконская, Б.И. Никонов, О.Л. Малых, С.В. Ярушин, Е.А. Кузьмина, Н.И. Кочнева, А.С. Корнилков // Гигиена и санитария. – 2017. – № 12. – С. 1130–1136.

5. "Fundamental causes" of social inequalities in mortality: a test of the theory / J.C. Phelan, B.G. Link, A. Diez-Rou, I. Kawachi, B. Levin // Journal of health and social behavior. – 2004. – Vol. 45 (3). – P. 265–285.

6. Phelan J.C., Link B.G., Tehranifar P. Social conditions as fundamental causes of health inequalities: theory, evidence, and policy implications // Journal of health and social behavior. – 2010. – № 51. – P. 28–40.

7. Барг А.О., Лебедева-Несевря Н.А., Рязанова Е.А. Общественное восприятие рисков, связанных с воздействием внешнесредовых факторов на здоровье населения промышленного региона // ЗНиСО. – 2015. – № 12 (273). – С. 12–15.

8. Лебедева-Несевря Н.А. Социальные факторы риска здоровью как объект управления // Вестник ПГУ. Биология. – 2010. – № 3. – С. 36–41.

9. Investigating explanations of socio-economic inequalities in health: The Dutch GLOBE study / F.J. van Lenthe, C.T.M. Schrijvers, M. Droomers, I.M.A. Joung, M.J. Louwman, J.P. Mackenbach // European Journal of Public Health. – 2004. – Vol. 14 (1). – P. 63–70

10. Концепция факторов риска для здоровья населения / П.Ф. Кику, Д.С. Жигаев, Н.С. Шитер, К.М. Сабирова, М.А. Мезенцева // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2016. – № 62. – С. 101–109.

11. Чебунина М.В., Колесов В.А. Социально-экономические факторы здоровья населения // StudNet. – 2021. – № 10/2021. – С. 1–10.

12. Зайцева Н.В., Барг А.О. Риск-коммуникация как инструмент управления восприятием рисков здоровью населения, связанных с загрязнением среды обитания // Здоровье семьи – 21 век. – 2014. – № 4 (4). – С. 36–48.

Оценка влияния потребления алкогольной продукции на ожидаемую продолжительность жизни населения (на примере субъекта Российской Федерации)

М.В. Глухих

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Рассмотрена текущая ситуация потребления алкогольной продукции на территории с низким значением показателя ожидаемой продолжительности жизни (ОПЖ). Установлено, что за период 2010–2021 гг. Пермский край является территорией, стабильно входящей в нижний квартиль по показателю ОПЖ среди субъектов РФ, а также занимает последнее

ранговое место среди регионов Приволжского федерального округа. Получено, что за период 2010–2019 гг. по соотношению розничных продаж алкогольной продукции (водка–вино) при общем снижении объемов потребления данной продукции, наблюдается смена типа потребления алкогольной продукции населением РФ с преимущественно крепких (свыше 40,0 % этилового спирта) на менее крепкие напитки. Показано, что среди административно-территориальных образований Пермского края территориями риска по уровню приходящегося на душу взрослого населения в пересчете на этиловый спирт являются городские округа: Пермь (10,8 л), Березники (9,3 л), Частинский (6,6 л), Усольский (6,2 л) муниципальные районы и др. В ходе применения сценарных условий по ретроспективным данным изменения розничных продаж алкогольной продукции (2010–2019 гг.) получено, что вероятный эффект на ОПЖ составил +9,4 дня. По сценарным условиям изменения согласно принятым целевым показателям от уровня 2019 г. он может увеличиться еще на 27,5 дня, вероятный нереализованный потенциал к 2030 г. может составить 60,8 дней.

Ключевые слова: ожидаемая продолжительность жизни, искусственные нейронные сети, алкоголь, этанол, потребление алкоголя.

В настоящее время наиболее приоритетной задачей в сфере социальной политики Российской Федерации является улучшение медико-демографической ситуации[1], связанной с высокими уровнями смертности и низким значением ожидаемой продолжительности жизни относительно ряда стран. Ведущие причины смерти на данный момент обусловливаются высокими уровнями распространенности хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ) [1]. Несмотря на многофакторность причин развития данных патологий, принято считать, что значимая часть в инициации, развитии и течении ХНИЗ отводится факторам образа жизни [2]. Среди всего количества факторов данной группы наиболее «проблемным» для территорий России является потребление алкогольной продукции, длительное время описывающееся как «северный» или «водочный» тип [3, 4] с чрезмерным одномоментным потреблением (Heavy Episodic Drinking). Программной основой по снижению влияния данного фактора риска за предыдущее десятилетие являлась «Концепция государственной политики по снижению масштабов злоупотребления алкоголем и профилактике алкоголизма среди населения Российской Федерации на период до 2020 года»[2], на основе которой принимались законодательные и нормативные акты федерального и регионального уровней. Фиксируя достигнутые позитивные изменения [5] по данному направлению в виде снижения общего уровня потребления данной продукции, снижения уровней смертности как общей, так и ассоциированной с алкоголем, стоит отметить сохраняющиеся риски в отношении здоровья на-

[1] Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 года и на плановый период до 2030 года / утв. распоряжением Правительства РФ от 01.10.2021 No 2765-р (с изм. от 24.12.2021) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_398015/ (дата обращения: 28.08.2023); О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента от 21.07.2020 № 474 [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007210012 (дата обращения: 28.08.2023).

[2] О Концепции реализации государственной политики по снижению масштабов злоупотребления алкогольной продукцией и профилактике алкоголизма среди населения Российской Федерации на период до 2020 года: Распоряжение Правительства РФ от 30.12.2009 № 2128-р [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_ 96236/ b88ce90c1402afee8a43afd0f24d507e67cc2a83/ (дата обращения: 28.08.2023).

селения. К ним относятся общий уровень потребления этанола, относительно передовых стран по данному показателю, неоптимальная структура потребления с выраженной долей крепких алкогольных напитков, неустойчивый социально-экономический фон (пандемийный период, условия санкционной экономики) [6]. Предполагается, что наиболее уязвимыми в отношении реализации данных рисков могут являться регионы с менее выраженными результатами прошедшего десятилетия, достигнутыми за период осуществления упомянутой концепции. Кроме того, на данный момент всё более актуальными становятся исследования, включающие в себя множество факторов среды обитания, с использованием многомерных методов исследований [7].

Цель исследования – оценка влияния потребления алкогольной продукции на ожидаемую продолжительность жизни населения на примере субъекта с низким значением ожидаемой продолжительности жизни.

Материалы и методы. Исходной информацией являлись официальные статистические данные федеральной службы государственной статистики за период 2010–2019 гг. Данные включали в себя 148 факторов среды обитания, характеризующиеся показателями системы здравоохранения, санитарно-эпидемиологического благополучия населения, экономической сферы, образа жизни населения, социально-демографической сферы, погодно-климатических условий.

Полученная матрица данных обрабатывалась с использованием методов факторного анализа и искусственной нейронной сети, выходным слоем которой являлся показатель ожидаемой продолжительности жизни. Оценка влияния факторов/группы факторов на показатель ОПЖ осуществлялась посредством последовательного расчета базового и целевого сценариев, и дальнейшей модельной оценки с использованием искусственной нейронной сети. Более подробно алгоритм и возможности данного подхода были представлены в МР[3] и работах [8, 9].

В рамках решения задач исследования производился расчет размеров вероятного влияния исследуемых факторов на показатель ОПЖ по трем сценариям изменения показателей, характеризующих потребление алкогольной продукции: ретроспективно за период 2010–2019 гг.; от базового 2019 г. до уровня 2024 г. согласно целевым значениям по федеральной программе «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек»[4] (-9,0 %); от базового 2019 г. до значений 2030 г. по наилучшим трендовым моделям (линейные/логистические).

Объектом исследования являлся субъект РФ с наиболее низкими значениями ОПЖ среди регионов Приволжского федерального округа – Пермский край. Дополнительно решалась задача по установлению территорий Пермского края с наиболее высокими уровнями потребления алкоголесодержащей продукции, приходя-

[3] МР 2.1.10.0269-21. Определение социально-гигиенических детерминант и прогноз потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации с учетом региональной дифференциации / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ А.Ю. Поповой 14 декабря 2021 г. – М., 2021. – 113 с.

[4] Паспорт федерального проекта «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек» / утв. Минздравом России, протокол от 14.12.2018 № 3 [Электронный ресурс] // Минтруд России. – URL: https://mintrud.gov.ru/ministry/programms/demography/4 (дата обращения: 28.08.2023).

щейся на душу взрослого населения. Источником данных по внутрирегиональным розничным продажам рассматриваемой продукции являлась база данных показателей муниципальных образований[5], в наиболее полном объеме представленная 2013–2015 гг. Расчет абсолютного содержания этилового спирта в рассматриваемых видах алкогольной продукции проводился согласно коэффициентам, представленным в методических рекомендациях[6].

Обработка и анализ данных осуществлялся в статистических пакетах MS Excel 2010, программе для ЭВМ «Социально-экономические и санитарно-гигиенические показатели и ассоциированный с ними потенциал роста ожидаемой продолжительности жизни населения РФ»[7], на основе методических рекомендаций.

Результаты. По результатам ретроспективного анализа установлено, что по показателю ОПЖ за период 2010–2021 гг. среди всех субъектов РФ Пермский край имел значения ниже, чем 75 % других субъектов (ниже первого квартиля) (рис. 1).

Рис. 1. Динамика изменения показателя ОПЖ Пермского края и 1-го квартиля за период 2010–2021 гг.

За аналогичный период среди территорий Приволжского федерального округа Пермский край в большинстве случаев (кроме 2014 г. и 2021 г.) занимал последнее ранговое место (14-е) по показателю ОПЖ (рис. 2).

[5] База данных показателей муниципальных образований [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. – URL: https://rosstat.gov.ru/dbscripts/munst/munst57/DBInet.cgi (дата обращения: 28.08.2023).

[6] Об утверждении методики оценки среднедушевого потребления алкоголя в Российской Федерации: Приказ МЗ РФ от 30.07.2019 № 575 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_332306/ (дата обращения: 28.08.2023).

[7] Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022614959 Российская Федерация. «Социально-экономические и санитарно-гигиенические показатели и ассоциированный с ними потенциал роста ожидаемой продолжительности жизни населения РФ» («ОПЖ»): № 2022613676: заявл. 15.03.2022: опубл. 28.03.2022 / Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов [и др.]; заявитель 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. – EDN BRMINJ.

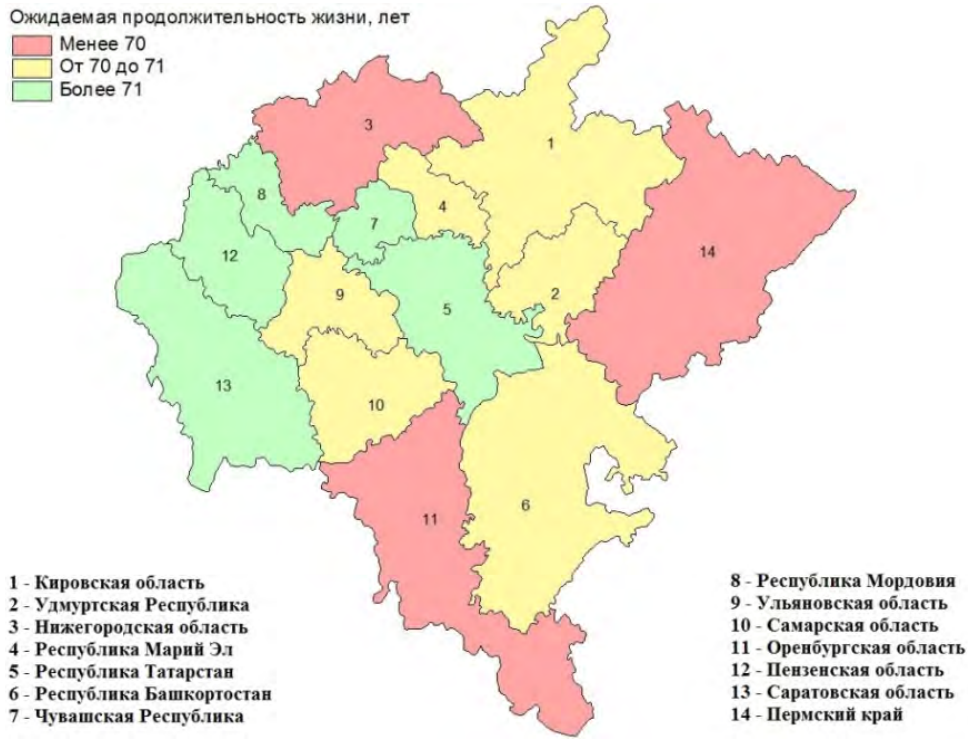


Рис. 2. Пространственное распределение показателя ОПЖ осредненного за 2010–2021 гг. среди регионов Приволжского федерального округа

По результатам анализа соотношения уровней розничных продаж винной продукции (литр) к водочной (литр) за период 2010–2019 гг. среди субъектов РФ установлено его изменение в сторону снижения (рис. 3, 4), т.е. на одну единицу объема вина стало приходиться меньше водки при общих уровнях снижения их потребления (рис. 5). Таким образом, можно сделать вывод о наблюдающейся смене типа потребления алкогольной продукции населением РФ с «северной (водочной)» на «южную (винную)». По рис. 3 и 4 также можно наблюдать преимущественно северо-восточную распространенность потребления крепких алкогольных напитков. Данные по ряду республик Северного Кавказа объясняются крайне низким уровнем потребления алкогольной продукции как таковой, в том числе вина, что могло несколько исказить наблюдаемую северо-восточную тенденцию. Кроме того, особенности потребления рассматриваемой продукции обусловливаются множеством других факторов, в том числе социально-экономическими.

Анализ розничных продаж отдельных видов алкогольной продукции (2013–2015 гг.) по административно-территориальным единицам Пермского края с пересчетом на этиловый спирт выявил неоднородность в пространственном распределении по показателю этилового спирта, приходящегося на душу взрослого населения (рис. 6). По данным рис. 6 видно, что наибольшие уровни этанола, приходящегося на душу взрослого населения, фиксируются в городских округах Пермь (10,8 л), Березники (9,3 л), а также в Частинском (6,6 л), Усольском (6,2 л) муниципальных районах и др.

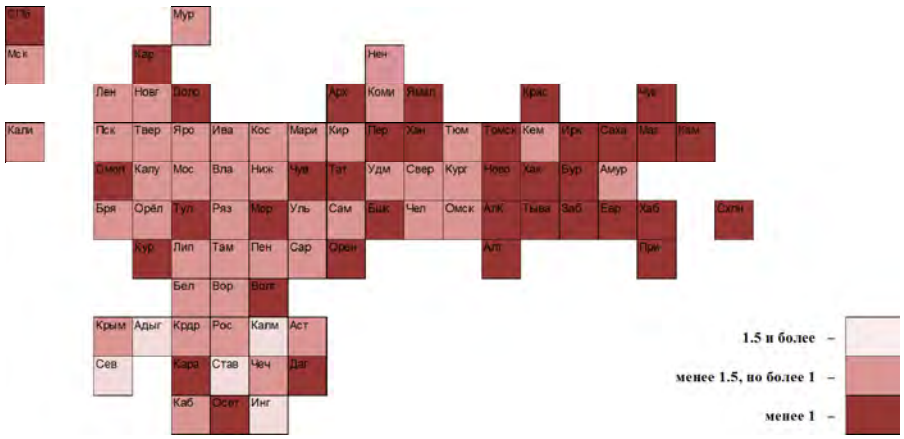


Рис. 3. Соотношение объемов розничных продаж винной продукции к водочной продукции на территориях РФ в 2010 г.

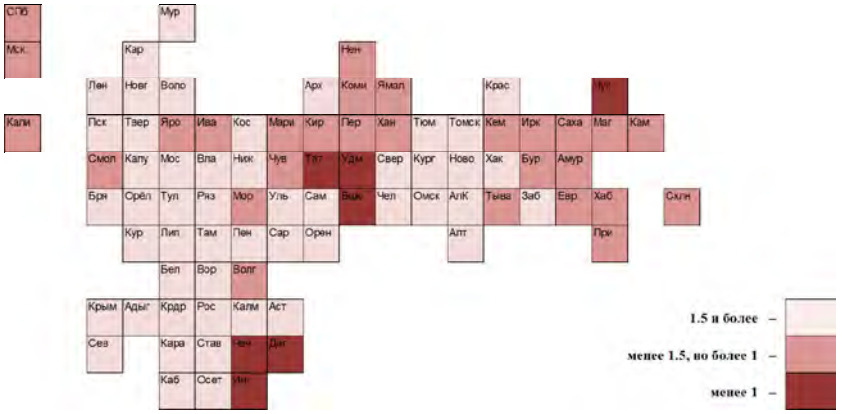


Рис. 4. Соотношение объемов розничных продаж винной продукции к водочной продукции на территориях РФ в 2019 г.

Рис. 5. Динамика изменения показателей розничных продаж алкогольной продукции (винной, водочной) за период 2010–2021 гг. на уровне РФ

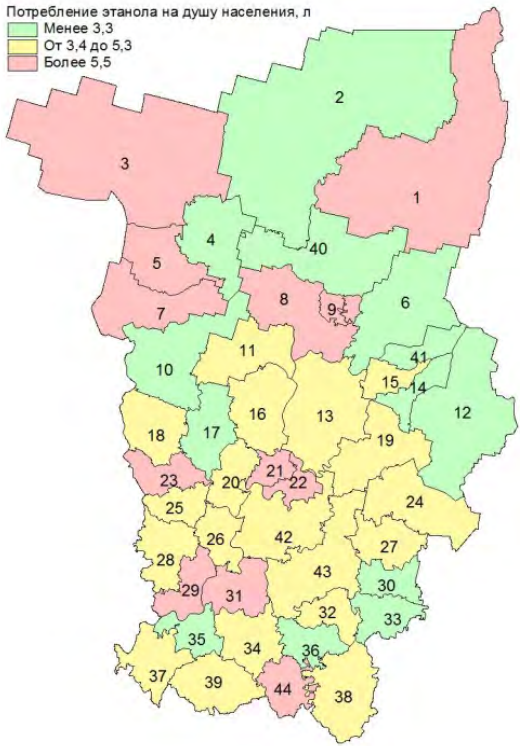


Рис. 6. Пространственное распределение показателя этилового спирта на душу взрослого населения, осредненного за 2013–2015 гг., среди муниципальных образований Пермского края: *1* – Красновишерский муниципальный район (далее мр), *2* – Чердынский мр, *3* – Гайнский мр, *4* – Косинский мр, *5* – Кочевский мр, *6* – Александровский мр, *7* – Юрлинский мр, *8* – Усольский мр, *9* – Городской округ город Березники, *10* – Кудымкарский мр, *11* – Юсьвинский мр, *12* – Горнозаводский мр, *13* – Добрянский мр, *14* – Гремячинский мр, *15* – Губахинский мр, *16* – Ильинский мр, *17* – Карагайский муниципальный район, *18* – Сивинский мр, *19* – Чусовской мр, *20* – Нытвенский мр, *21* – Краснокамский мр, *22* – городской округ город Пермь, *23* – Верещагинский мр, *24* – Лысьвенский мр, *25* – Очерский мр, *26* – Оханский мр, *27* – Березовский мр, *28* – Большесосновский мр, *29* – Частинский мр, *30* – Кишертский мр, *31* – Осинский мр, *32* – Ординский мр, *33* – Суксунский мр, *34* – Бардымский мр, *35* – Еловский мр, *36* – Уинский мр, *37* – Чайковский мр, *38* – Октябрьский мр, *39* – Куединский мр, *40* – Соликамский мр, *41* – Кизеловский мр, *42* – Пермский мр, *43* – Кунгурский мр, *44* – Чернушинский мр

Согласно сценарному изменению показателей уровней продаж алкогольной продукции по ретроспективным данным (2010–2019 гг.), установлено, что вероятностный эффект на ОПЖ по используемой модели в Пермском крае составил 9,4 дня (рис. 7). По данным расчета сценарных условий, при которых согласно федеральному проекту «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек» снижение уровней розничных продаж составит 9,0 % к 2024 г., получено, что ожидаемый эффект на показатель ОПЖ составит 27,5 дня. Однако результаты расчета по сценарию трендовых изменений рассматриваемых показателей к 2030 г. выявили, что нереализованный потенциал увеличения ОПЖ может составить 60,8 дня.

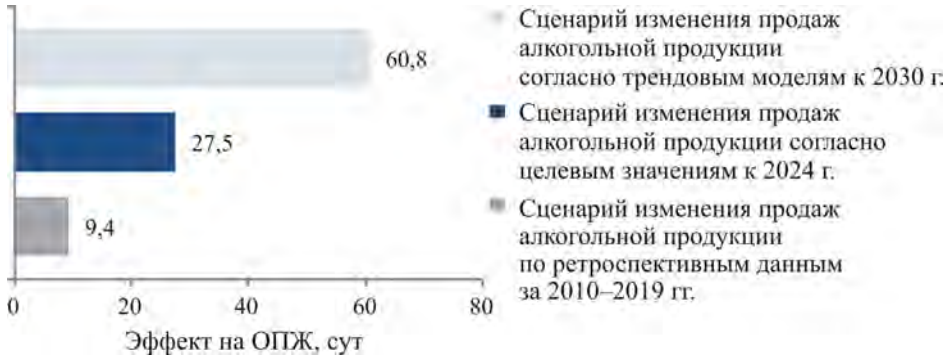


Рис. 7. Эффекты влияния показателей, характеризующих потребление алкогольной продукции населением Пермского края, по модели в трех вариантах сценарных условий

Выводы. На основании полученных результатов можно сделать ряд выводов:

1. За период 2010–2019 гг. на территории Пермского края отмечено увеличение показателя ОПЖ до 71,32 года (+7,1 %) при сохранении низких ранговых позиций относительно других субъектов РФ.

2. За рассмотренный период на территории РФ при общем снижении уровней потребления алкогольных напитков (водка на 55,3 %; вино на 36,9 %) наблюдается тенденция к смене типа потребления с преимущественно крепких напитков (водка) на менее крепкие (вино).

3. На уровне Пермского края наибольшие уровни этилового спирта, приходящегося на душу взрослого населения, приходятся на городские округа: Пермь (10,8 л), Березники (9,3 л), а также Частинский (6,6 л), Усольский (6,2 л) муниципальные районы.

4. Результаты сценарного моделирования по ретроспективным данным (2010–2019 гг.) изменения уровней продаж алкогольной продукции показали, что за указанный период вероятный эффект на ОПЖ по данному фактору составил 9,4 дня. В случае снижения уровней потребления алкогольной продукции согласно намеченным целевым показателям на 9,0 % от уровней 2019 г. вероятный прирост ОПЖ составит 27,5 дня. Сценарий изменения розничных продаж алкогольной продукции по трендовым моделям к 2030 г., показывает дополнительный резерв прироста ОПЖ на 60,8 дней.

Список литературы

1. Неинфекционные заболевания. Основные факты [Электронный ресурс]. – URL: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases (дата обращения: 28.08.2023)

2. Лисицын Ю.П. Общественное здоровье и здравоохранение: учебник. – 2-е изд. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 512 с.: ил.

3. Горячева Н.В. Модель потребления алкоголя в России // Социологический журнал. – 2003. – № 4. – С. 101–107. EDN: PZQODV

4. Рощина Я.М., Мартыненко П.А. Структура потребления алкоголя как индикатор социальной группы в современных российских городах // Экономическая социология. – 2014. – Т. 15, № 1. – С. 20–42. EDN: VUZMIX

5. Потребление алкоголя в России снизилось на 43 процента за 13 лет. Почему россияне стали меньше пить и как изменилась структура потребления [Элек-

тронный ресурс]. – URL: https://rg.ru/2022/09/12/nachali-za-zdravie.html (дата обращения: 28.08.2023)

6. Позднякова М.Е., Брюно В.В. Употребление алкоголя в России в условиях пандемии COVID-19 // Социологическая наука и социальная практика. – 2022. – Т. 10, № 3 (39). – С. 25–44.

7. Цинкер М.Ю., Кирьянов Д.А., Клейн С.В. Статистическое моделирование для оценки влияния факторов среды обитания на индикаторные показатели здоровья населения Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2013. – № 11 (248). – С. 10–13. EDN: RPJUWB

8. Прогноз потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации на основе сценарного изменения социально-гигиенических детерминант с использованием искусственной нейронной сети / Н.В. Зайцева, С.В. Клейн, М.В. Глухих [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 2. – С. 4–16. DOI: 10.21668/health.risk/2022.2.01

9. Life expectancy at birth in RF regions with different sanitary-epidemiological wellbeing and different lifestyles. Management reserves / S.V. Kleyn, G.G. Onishchenko, N.V. Zaitseva, M.V. Glukhikh // Health Risk Analysis. – 2022. – № 4. – P. 18–32.

Непищевая продукция: динамика и структура нарушений обязательных гигиенических требований по данным официальной статистики

Н.В. Никифорова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Представлены данные анализа отраслевых статистических форм Роспотребнадзора: форма 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации», форма 8 «Сведения об осуществлении государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов Таможенного союза».

Установлен приоритетный перечень продукции, в отношении которой регистрируется наибольшее число нарушений по санитарно-химическим показателям: товары бытовой химии (в среднем – 12,5 % проб, не соответствующих нормативам), дезинфекционные средства (9,0 %), мебель (5,4 %), по токсиколого-гигиеническим показателям: изделия медицинского назначения и медицинская техника (11,9 %), материалы, реагенты, оборудование для водоочистки и водоподготовки (6,6 %), мебель (4,8 %).

Анализ результатов контрольных (надзорных) мероприятий за соблюдением требований технических регламентов в отношении непищевой продукции показал, что чаще всего нарушения связаны с маркировкой продукции, частота нарушений от 10,2 % (в отношении упаковки) до 39,6 % (продукция легкой промышленности).

Ключевые слова: непищевая продукция, обязательные требования, технический регламент, безопасность продукции.

Современный рынок непродовольственной продукции стремительно расширяется и развивается. Отмечен рост ассортимента продукции, расширение перечня материалов, компонентов, которые применяются для производства разных видов товаров [1]. Увеличивается товарооборот между странами. Например, большая часть современных игрушек поступает на рынок Российской Федерации из зарубежных стран – около 70 % приходится на Китай, 10 % – на европейские страны, и около 20 % – на отечественное производство [2]. Качество и безопасность продукции поступающей на рынок, не всегда соответствует гигиеническим требованиям. По данным Росстата за период 2019–2020 гг. в ходе проверок доля некачественных, небезопасных товаров, не соответствующих требованиям законодательства и изъятых из оборота, варьировалась в диапазоне 0,1–71,7 %. Наибольшие несоответствия в забракованных товарах отечественного производства в 2021 г. пришлось на моющие и стиральные на средства (71,7 %) и обувь (18,4 %). В среднем 16,6 % отечественной продукции и 5,2 % импортной продукции, от всей отобранной для проверки, изымалось с рынка [3]. Опросы населения показывают, что около 10,3 % потребителей сталкиваются с необходимостью защиты от рисков причинения вреда жизни и здоровью, имуществу от некачественных непродовольственных товаров и услуг [4].

При этом контрольные (надзорные) мероприятия охватывают небольшую долю товаров на рынке, что обусловлено ограниченностью ресурсов на проведение проверок. Актуальность приобретает анализ истории проверок товаров с целью выделения групп товаров, являющихся наиболее рисковыми, а также показателей продукции, по которым наиболее часто регистрируются нарушения требований безопасности. Установление перечня таких товаров и показателей позволит сосредоточить усилия надзорных органов на небезопасной продукции, что будет способствовать в дальнейшем элиминации ее с рынка и в конченом счете защите охраняемых ценностей.

Цель исследования – анализ структуры и динамики показателей безопасности непищевой продукции.

Материалы и методы. Объектом исследований являлась отраслевая статистическая форма 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации» (раздел 7) за 2013–2022 гг., форма 8 «Сведения об осуществлении государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов Таможенного союза» за 2014–2020 гг. Изучали динамику и частоту нарушений санитарно-эпидемиологических требований, предъявляемых к непищевой продукции.

Результаты. В среднем за десятилетний период более 125,7 тыс. образцов непищевой продукции было исследовано на санитарно-химические и более 16 тыс. образцов – на токсико-гигиенические показатели. Количество отбираемых проб продукции для исследований снижается. Например, в 2022 г. количество проб, отбираемых для исследования на санитарно-химические показатели, составило 105,8 тыс., что меньше значения 2013 г. в 1,5 раза, значения 2021 г. – в 1,1 раза. По токсикологогигиеническим показателям количество отбираемых проб в 2022 г. относительно 2013 г. снизилось в 3,0 раза, относительно 2020 г. – в 1,7 раза и составило – 6,5 тыс., что может быть обусловлено введением моратория на проведение плановых проверок.

Доля небезопасных проб продукции по санитарно-химическим показателям составила – в среднем 8 %, по токсико-гигиеническим – 2 %. При этом структура непищевой продукции, исследуемой на данные показатели, различалась.

Наибольшее количество проб, отобранных на санитарно-химические показатели, приходилось на дезинфекционные средства (73,8 %, среднее значение –

92,1 тыс. проб), материалы, контактирующие с пищевыми продуктами и средами (4,3 %, 5,3 тыс. проб), парфюмерно-косметические изделия и средства гигиены полости рта (3,6 %, 4,4 тыс. проб).

Нарушения санитарно-химических показателей фиксировались во всех группах исследуемых товаров. Результаты несоответствий гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям приведены в табл. 1. Данные в таблице проранжированы по средней величине за 2013–2022 гг.

Таблица 1

Доля проб непищевой продукции, не соответствующей гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям в Российской Федерации, за 2013–2022 гг., %

Вид продукции	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее значение, 2013–2022 гг.
Печатная продукция	10,1	58,0	36,2	15,5	18,4	12,4	2,0	3,7	0,0	0,0	15,6
Товары бытовой химии	5,5	13,4	6,4	11,9	24,8	11,5	10,7	12,5	15,1	13,2	12,5
Дезинфекционные средства	13,2	10,1	8,7	9,9	8,4	8,3	7,3	9,3	7,4	7,1	9,0
Мебель	6,3	7,5	8,4	7,2	3,8	7,8	5,2	4,2	2,6	0,7	5,4
Материалы, реагенты, оборудование для водоочистки и водоподготовки	8,3	6,4	7,1	5,1	4,3	4,2	1,4	2,6	5,0	4,1	4,9
Полимерные и полимерсодержащие, строительные материалы (за исключением мебели)	4,8	7,0	5,2	6,0	3,4	5,6	5,4	2,4	3,0	5,0	4,8
Средства личной гигиены	0,6	4,6	2,5	0,4	5,9	1,7	3,6	3,8	4,9	9,4	3,7
Средства индивидуальной защиты, спецодежда	1,3	5,1	5,5	4,4	3,1	3,2	4,3	2,8	1,7	2,3	3,4
Товары детского ассортимента (за исключением игрушек)	2,4	4,0	5,7	3,4	2,9	2,9	1,4	2,8	2,5	4,8	3,3
Игрушки	4,2	4,4	3,1	4,1	2,7	3,5	2,3	2,8	3,7	1,2	3,2
Материалы для изделий, контактирующие с кожей человека, одежда, обувь	6,9	2,8	4,1	3,4	3,1	2,2	1,2	2,0	1,8	2,8	3,0
Материалы, контактирующие с пищевыми продуктами и средами	2,7	2,9	4,7	2,8	3,1	3,7	1,7	2,4	2,5	2,6	2,9
Лакокрасочные материалы	1,4	0,4	0,9	2,1	2,6	6,3	1,7	1,9	3,7	2,0	2,3
Изделия медицинского назначения и медицинская техника	6,9	0,0	8,9	0,0	0,0	0,4	0,8	1,1	1,5	1,0	2,1
Парфюмерно-косметические изделия и средства гигиены полости рта	0,5	0,5	0,6	0,5	1,3	0,4	0,3	0,5	0,1	0,2	0,5
Отходы производства	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0
Всего	11,0	8,7	7,3	8,2	7,4	7,0	5,9	7,6	6,5	6,7	7,6

К приоритетным группам продукции, по которым наблюдались наибольшие нарушения санитарно-химических показателей, были отнесены товары бытовой химии (в среднем – 12,5 % проб, не соответствующих нормативам), дезинфекционные средства (9,0 %), мебель (5,4 %).

При этом при одинаковом количестве отбираемых проб материалы, контактирующие с пищевыми продуктами и средами, парфюмерно-косметические изделия и средства гигиены полости рта, товары детского ассортимента (4,0–5,0 тыс. проб ежегодно) наибольшее количество несоответствий установлено для товаров детского ассортимента – 3,3 %, тогда как доля проб парфюмерно-косметической продукции, не соответствующей по санитарно-химическим показателям, составляла всего 0,5 %. Аналогично в отношении игрушек, полимерных и полимерсодержащих, строительных материалов ежегодно отбиралось около 2–3 тыс. образцов, при этом наибольшие несоответствии по санитарно-химическим показателям регистрировали в группе товаров бытовой химии – 12,5 % неудовлетворительных проб, а в отношении игрушек – 3,2 % (см. табл. 1).

В целом период 2013–2022 гг. характеризовался благоприятной тенденцией по снижению на 3,7–100 % доли проб продукции, не соответствующей санитарно-эпидемиологическим требованиям по санитарно-химическим показателям, по большинству классов товаров. Исключение составили полимерные и полимерсодержащие, строительные материалы, средства личной гигиены, средства индивидуальной защиты, спецодежда, товары детского ассортимента, бытовой химии, лакокрасочные материалы – в этих категориях продукции доля небезопасной продукции выросла в диапазоне от 3,1 % (полимерные и полимерсодержащие, строительные материалы (за исключением мебели)) до 1556,1 % (средства личной гигиены).

На токсиколого-гигиенические показатели наибольшее количество исследований приходилось на игрушки (15,4 %, среднее значение – 2,5 тыс. проб), товары детского ассортимента, за исключением игрушек (14,2 %, 2,3 тыс. проб), материалы для изделий, контактирующие с кожей человека, одежда, обувь (13,4 %, 2,1 тыс. проб). Нарушения токсиколого-гигиенических показателей фиксировали во всех группах исследуемых товаров. Результаты несоответствий гигиеническим требованиям по токсико-гигиеническим показателям приведены в табл. 2. Данные в таблице проранжированы по средней величине за 2013–2022 гг.

Наибольшие нарушения токсиколого-гигиенических показателей были зафиксированы в группах изделий медицинского назначения и медицинской техники (в среднем – 11,9 % проб, не соответствующих нормативам), материалов, реагентов, оборудования для водоочистки и водоподготовки (6,6 %), мебели (4,8 %).

При одинаковом количестве отбираемых проб игрушек, товаров детского ассортимента, материалов для изделий, контактирующие с кожей человека, одежды, обуви, парфюмерно-косметических изделий и средств гигиены полости рта 2,0–2,5 тыс. проб ежегодно: наибольшее количество несоответствий по токсиколого-гигиеническим показателям регистрировали для парфюмерно-косметических изделий и средств гигиены полости рта – 2,1 %, тогда как для товаров детского ассортимента, материалов для изделий, контактирующие с кожей человека, одежда, обувь это значение составляло 1,1 % (табл. 2).

Аналогично в отношении товаров бытовой химии, средств индивидуальной защиты, спецодежды, материалов, контактирующих с пищевыми продуктами и средами ежегодно отбиралось около 0,9–1,3 тыс. образцов, при этом наибольшие несо-

ответствии по токсиколого-гигиеническим показателям регистрировали в группе товаров бытовой химии – 3,1 %, наименьшее по материалам, контактирующим с пищевыми продуктами и средами, – 0,7 % (см. табл. 2).

Таблица 2

Доля проб непищевой продукции, не соответствующей гигиеническим требованиям по токсиколого-гигиеническим показателям в Российской Федерации, за 2013–2022 гг., %

Вид продукции	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее значение, 2013–2022 гг.
Изделия медицинского назначения и медицинская техника	33,7	15,2	23,0	13,4	12,2	3,6	4,1	2,1	5,3	6,7	11,9
Материалы, реагенты, оборудование для водоочистки и водоподготовки	0,0	2,6	6,0	8,2	7,2	11,0	10,8	7,9	3,1	8,8	6,6
Мебель	0,7	0,0	2,3	0,0	2,5	0,0	8,7	16,7	16,7	0,0	4,8
Товары бытовой химии	1,3	1,4	11,1	2,4	1,5	3,4	5,4	1,1	2,2	1,0	3,1
Парфюмерно-косметические изделия и средства гигиены полости рта	1,6	2,2	3,5	4,4	2,6	2,2	1,6	1,2	1,1	0,9	2,1
Игрушки	1,4	1,4	1,6	1,8	1,5	1,8	0,9	1,7	2,6	0,5	1,5
Химическая и нефтехимическая продукция производственного назначения	3,3	7,1	2,1	0,0	0,0	0,2	0,5	0,0	0,4	1,1	1,5
Полимерные и полимерсодержащие, строительные материалы (за исключением мебели)	1,8	2,2	2,7	1,4	1,0	2,8	1,0	0,3	0,5	0,0	1,4
Средства индивидуальной защиты, спецодежда	1,6	1,0	1,2	1,7	1,9	0,7	2,1	1,7	0,2	0,3	1,2
Материалы для изделий, контактирующие с кожей человека, одежда, обувь	2,1	1,4	1,9	1,5	1,1	0,6	0,3	0,7	0,9	0,3	1,1
Товары детского ассортимента (за исключением игрушек)	0,9	1,4	1,0	1,3	0,8	0,9	0,4	2,2	1,3	0,6	1,1
Материалы, контактирующие с пищевыми продуктами и средами	0,4	0,4	0,8	0,8	0,2	0,3	0,3	1,2	1,2	1,4	0,7
Средства личной гигиены	0,0	2,1	1,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,3	0,0	0,4	0,6
Дезинфекционные средства	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	1,8	0,5
Отходы производства	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
Лакокрасочные материалы	0,8	0,0	0,1	0,1	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2
Всего	2,0	1,9	2,7	2,0	1,4	1,4	1,5	1,3	1,4	1,7	1,7

По большинству классов товаров доля проб продукции, не соответствующей требованиям по токсиколого-гигиеническим показателям, снизилась на 17,5–100,0 %. Исключение составила категория товаров – материалы, контактирующие с пищевыми продуктами и средами, где доля небезопасных проб увеличилась в 1,8 раза (см. табл. 2).

Анализ результатов контрольных (надзорных) мероприятий за соблюдением требований технических регламентов в отношении непищевой продукции показал, что чаще всего нарушения связаны с маркировкой продукции – частота нарушений от 10,2 % (в отношении упаковки) до 39,6 % (продукция легкой промышленности). Высокий процент несоответствий может быть обусловлен тем, что контроль (надзор) за маркировкой проводится более часто, чем лабораторные исследования продукции, ввиду того, что отсутствует необходимость изымать продукцию у продавца и проводить разрушающий вид контроля (табл. 3).

В среднем за период 2014–2020 гг. наибольшее количество несоответствий, за исключением маркировки, техническому регламенту по упаковке было зарегистрировано по санитарно-химическим показателям – 1,0 %; по продукции, предназначенной для детей и подростков, – по биологическим показателям (9,2 %); по игрушкам в отношении физических факторов опасности – 16,2 %; по парфюмерно-косметической продукции в отношении токсикологических показателей – 1,1 %; по продукции легкой промышленности – в отношении биологических показателей – 3,8 %; по средствам индивидуальной защиты – в отношении физических факторов (4,1 %); по мебельной продукции в отношении санитарно-химических факторов – 6,5 % (табл. 3).

Таблица 3

Частота нарушений обязательных требований Технических регламентов Таможенного Союза, ср. значение за 2014–2020 гг., %

Показатель	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 009/2011 «О безопасности парфюмерно-косметической продукции»	ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности»	ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты»	ТР ТС 025/2012 «О безопасности мебельной продукции»
Органолептические	0,4	1,2	2,3	X	1,1	0,8	0
Физико-химические	0,2	1,6	X	0,7	X	X	X
Санитарно-гигиенические, санитарно-химические	1,0	1,4	1,6	0,6	0,9	3,2	6,5
Токсикологические	0,0	1,1	2,0	1,1	0,9	1,5	X
Физические	X	0	16,2	X	1,0	4,1	0
Биологические	X	9,2	X	X	3,8	X	X
Микробиологические	X	0,5	4,0	0,9	X	2,8	X
Маркировка	10,2	29,6	24,0	11,2	39,6	28,1	32,4

Примечание: X – нет данных.

Таким образом, на рынке Российской Федерации по данным надзорных мероприятий циркулирует около 8 % продукции, с нарушением санитарно-химических показателей и 2 % с нарушением токсико-гигиенических показателей.

Последнее десятилетие характеризуется благоприятной тенденцией по снижению доли проб продукции, не соответствующей санитарно-эпидемиологическим требованиям по санитарно-химическим показателям, на 3,7–100 % по большинству классов товаров, а также по токсиколого-гигиеническим показателям (темпы убыли показателей – 17,5–100,0 %). Такая положительная динамика может быть обусловлена снижением количества плановых проверок объектов надзора, в том числе снижением количества исследований продукции.

Наибольшие нарушения санитарно-химических показателей регистрируются в группах товаров бытовой химии, дезинфекционных средств, мебели (5,4–12,5 % проб, не соответствующих обязательным требованиям) по токсиколого-гигиеническим показателям – изделия медицинского назначения и медицинской техники, материалов, реагентов, оборудования для водоочистки и водоподготовки (4,8–11,9 %). На эти категории товаров в первую очередь необходимо обращать внимание при проведении контрольных (надзорных) мероприятий.

От 10,2 до 39,6 % контролируемой непродовольственной продукции не соответствует требованиям по маркировке.

Приоритетными факторами непищевой продукции при подтверждении соответствия ее требованиям технических регламентов являются для упаковки и мебельной продукции – санитарно-химические показатели; для продукции, предназначенной для детей и подростков и продукции легкой промышленности – биологические показали; для игрушек и средств индивидуальной защиты – физические факторы опасности; для парфюмерно-косметической продукции – токсикологические показатели.

Для повышения эффективности контрольной (надзорной) деятельности за безопасностью непищевой продукции необходимо изменить структуру отбираемых проб продукции, акцент делать на тех видах продукции, по которым чаще регистрируются нарушения обязательных требований.

Список литературы

1. Бойко О.А., Ревягин А.В., Панов С.Л. Оборот контрафактных товаров бытовой химии: детерминанты и меры противодействия // Виктимология. – 2019. – № 1 (19). – С. 32–39.

2. Пяткова Т.В. Обеспечение безопасности и защита прав потребителей в сфере оборота детских игрушек // Ученые записки Санкт-Петербургского имени В.Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии. – 2017. – № 3 (63). – С. 92–99.

3. Торговля в России. 2021: стат. сб. / Росстат. – М., 2021. – 269 с.

4. Оценка динамики результативности контрольно-надзорной деятельности государства с позиции граждан как ее конечных бенефициаров / В.Н. Южаков, Е.И. Добролюбова, А.Н. Покида, Н.В. Зыбуновская, Е.В. Масленникова; под науч. ред. В.Н. Южакова. – М.: Дело, 2020. – 126 с.

Вопросы доступности медицинской помощи при мочекаменной болезни в оценках пациентов

О.М. Мосийчук

Санкт-Петербургское государственное учреждение здравоохранения
«Городская больница № 15»,
г. Санкт-Петербург, Россия

Информированность больных о своем заболевании является важнейшим компонентом обеспечения доступности медицинской помощи. По данным опроса, проведенного в 2023 г. в Санкт-Петербурге, из 350 больных мочекаменной болезнью 32,5 % затрудняются ответить на вопрос о причинах образования камней у себя в почках; 29,5 % не знают о необходимости соблюдения диеты при мочекаменной болезни; о своих факторах риска информированы только 22,7 %. Уровень своей информированности о заболевании четверть респондентов считают низким, 48,4 % – средним. При этом более половины опрошенных ежегодно проходят профилактические осмотры в рамках диспансеризации и диспансерного наблюдения у врача-уролога, включающие профилактическое консультирование. Необходим комплекс мер по повышению информационной доступности медицинской помощи больным мочекаменной болезнью.

Ключевые слова: мочекаменная болезнь, информирование пациентов, доступность медицинской помощи.

Мочекаменная болезнь, приводящая к нарушению жизненно важных функций организма человека, значительно влияет на качество жизни, приводит к инвалидизации, может стать причиной преждевременной смерти.

Учитывая значительную распространенность мочекаменной болезни во всем мире (ею страдает до 3 % населения [1, 2]), а также хронический характер течения заболевания, склонность к рецидивам, важным организационным фактором является обеспечение высокой доступности необходимой медицинской помощи для больных. Согласно сформировавшимся представлениям [3, 4] о доступности медицинской помощи, информированность больных о своем заболевании, особенностях его лечения и вопросы динамического наблюдения и профилактики рецидивов является важнейшим компонентом обеспечения доступности медицинской помощи.

Учитывая, что в этиологии мочекаменной болезни экзогенные факторы (особенности питания, климата) играют существенную роль [5, 6], повышение информационной доступности медицинской помощи для больных особенно актуально. Достаточная информированность больного о своем заболевании позволит ему не только своевременно получать необходимую медицинскую помощь, но и снизит уровень тревожности, что крайне важно в части поддержания человеком качества своей жизни и социальной функции.

В целях уточнения уровня информированности о заболевании, особенностях его лечения и профилактики в первом полугодии 2023 г. среди пациентов урологического отделения крупного многопрофильного стационара в Санкт-Петербурге методом формализованного интервью по специально разработанной анкете был проведен социологический опрос. В опросе приняли участие 350 больных с установленным диагнозом мочекаменной болезни. Средний возраст респондентов со-

ставил 47,9 ± 3 года (51,2 % – мужчины и 49,8 % –женщины). Средний стаж заболевания составил 10,6 ± 3,5 года, что позволяет считать мнение респондентов по вопросам оценки информационной доступности медицинской помощи вполне осознанным.

Результаты опроса показали, что более трети больных (32,5 %) затрудняются ответить на вопрос о причинах образования камней у себя в почках, 79,0 % не знают химического состава своих камней в почках, 63,7 % не знают pH своей мочи.

Треть респондентов (29,5 %) указали, что не знают о необходимости соблюдения диеты при мочекаменной болезни. В целом о рисках возникновения рецидива при мочекаменной болезни знают по данным опроса 42,3 % респондентов, при этом о своих факторах риска информированы только около четверти (22,7 %) участников опроса. А 16,3 % указали, что их никогда не информировали по этому вопросу. На вопрос «Знаете ли Вы, что обильное питье снижает риск рецидива мочекаменной болезни?» более трети респондентов (34,5 %) ответили отрицательно, остальные участники опроса указали, что знают об этом, но только 40,2 % стараются придерживаться данной рекомендации.

Общий уровень информированности о своем заболевании респонденты оценили следующим образом: 24,1 % участников опроса указали, что считают его низким, 48,4 % – средним, и только 13,5 % – высоким. Практически шестая часть респондентов (13,9 %) затруднились ответить на данный вопрос.

Результаты проведенного опроса показали, что уровень информационной доступности медицинской помощи при мочекаменной болезни нельзя назвать высоким. Можно говорить о том, что более 70 % больных мочекаменной болезнью нуждаются в лучшем информационном сопровождении, чем обеспечивается им в настоящее время.

Важно отметить, что 63,7 % респондентов указали, что так или иначе ежегодно проходят профилактические мероприятия, в том числе диспансеризацию, диспансерные осмотры (48,1 % указали, что состоят под диспансерным наблюдением у врача-уролога), составной частью которых является обязательное подробное профилактическое консультирование пациента по вопросам его заболевания. Большинство респондентов отметили, что обеспокоены состоянием своего здоровья: 52,7 % – очень сильно, 36,2 % – в меньшей степени. И только 11,1 % указали, что не волнуются о своем здоровье.

Таким образом, запрос больных мочекаменной болезнью на полноценное информационное сопровождение явно сформирован, однако, учитывая текущий уровень информированности больных, выявленный в ходе проведенного социологического опроса, этот запрос нельзя считать удовлетворенным.

Респонденты высказались о наиболее предпочтительной для себя форме предоставления информации о мочекаменной болезни. С наибольшей частотой респонденты хотели бы получать более подробное индивидуальное информирование, в том числе: 56,2 на 100 опрошенных – в форме более подробных разъяснений от врачей; 32,4 на 100 опрошенных – при посещении занятий в «Школе пациента с мочекаменной болезнью». Средства публичного информирования востребованы среди респондентов реже: только 23,9 на 100 опрошенных предпочитают печатные информационные материалы (плакаты, буклеты, памятки), а 19,5 на 100 опрошенных – просмотр видеороликов.

Повышение информационной доступности медицинской помощи для больных мочекаменной болезнью может быть достигнуто путем внедрения комплекса мер, основой которого должна стать пациенто-ориентированная модель взаимодействия врача и пациента. Дополнительно необходимо усиление контроля руководителей медицинских организаций, осуществляющих оказание первичной медико-санитарной помощи за работой врачей в части полноты предоставления больным разъяснений о мочекаменной болезни.

В целях обеспечения полноты информации, предоставления врачу эффективного инструмента информирования целесообразна разработка специализированных информационно-разъяснительных материалов для больных, где в доступной, с учетом пояснений врача, наглядной форме будут размещены материалы об этиологии мочекаменной болезни, особенностях течения заболевания, диагностических, лечебных и профилактических мерах, в том числе позволяющих предотвратить развитие рецидива заболевания, а также, с учетом особенностей течения заболевания у конкретного пациента, необходимо предусмотреть возможность их индивидуального использования, например, включив раздел для ведения дневника самоконтроля, учета и планирования посещений врача, лечебных и диагностических мероприятий.

В комплекс мер, основанный на повышении эффективности индивидуального взаимодействия «врач – пациент», формировании у пациента приверженности к контролю своего здоровья на основе полных знаний о своем заболевании, следует включить и совершенствование публичного информирования больных в медицинской организации (специализированные печатные материалы для больных мочекаменной болезнью, соответствующие разделы на сайтах медицинских организаций, подготовка видео роликов).

Список литературы

1. Заболеваемость мочекаменной болезнью в Российской Федерации с 2005 по 2020 год / А.Д. Каприн, О.И. Аполихин [и др.] // Экспериментальная и клиническая урология. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 10–17.

2. Ендовицкий А.А., Люцко В.В. Динамика заболеваемости болезнями мочеполовой системы в Российской Федерации в 2015–2021 годах // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2022. – № 4. – С. 256–267.

3. Строгонова О.Б. Информированность жителей Санкт-Петербурга о возможностях системы обязательного медицинского страхования // Экология человека. – 2010. – № 8. – С. 46–51.

4. Доступность медицинской помощи как облигатный социальный предиктор здоровья населения в России (обзор) / М.В. Еругина, И.Л. Кром [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2016. – Т. 12, № 2. – С. 101–104.

5. Мочекаменная болезнь: этиопатогенез, диагностика и лечение / Т.Х. Назаров, М.А. Ахмедов [и др.] // Андрология и генитальная хирургия. – 2019. – Т. 20, № 3. – С. 43–50.

6. Белай С.И., Довбыш М.А., Белай И.М. Мочекаменная болезнь: актуальность вопроса и перспективы его развития // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2016. – Т. 15, № 5. – С. 19–26.

Формирование структуры лучевой диагностики и доз медицинского диагностического облучения в Ростовской области на современном этапе

Е.В. Ковалев, М.В. Калинина, А.В. Конченко

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ростовской области, г. Ростов-на-Дону, Россия

Представлена краткая характеристика медицинского облучения населения Ростовской области на современном этапе. Отражена тенденция развития лучевой диагностики с учетом реализации государственных программ в области здравоохранения по замене рентгенодиагностического оборудования. Проанализирована структура ренгенодиагностического оборудования, эксплуатируемого в медицинских организациях, а также структура выполняемых рентгенорадиологических процедур в медицинских организациях различных форм собственности. Представлена структура коллективной дозы медицинского облучения населения, а также средние эффективные дозы облучения пациентов и риски развития стохастических эффектов за счет медицинского облучения.

Ключевые слова: медицинское облучение, дозовая нагрузка пациентов.

На современном этапе продолжающееся внедрение современных методов и технологий лучевой диагностики определяет 23,25 % коллективной дозовой нагрузки населения Российской Федерации за счет медицинского облучения, что подтверждают данные радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации [1].

Методы лучевой медицинской диагностики создают более 95 % вклада в коллективную дозовую нагрузку населения за счет техногенных источников облучения. Отмечается тенденция ежегодного увеличения медицинских организаций, где населению выполняются медицинские рентгенорадиологические процедуры (РРП), в первую очередь за счет частных медицинских стоматологических кабинетов (клиник). Вместе с этим необходимо отметить, что возрастает и количество медицинских организаций (частные), где используют, помимо рутинных рентгенографических и флюорографических процедур, современные методы лучевой диагностики, такие как компьютерная томография и методики ядерной медицины, сопровождающихся высокими уровнями доз [2].

Так, в Ростовской области (РО) медицинские РРП выполняют свыше 500 медицинских организаций (МО). Из них государственные МО (городские поликлиники и больницы, центральные районные больницы, подведомственные Министерству здравоохранения Ростовской области) (далее государственные МО) составляют 28,0 %; частные МО (стоматологические клиники, медицинские клиники) – 69,5 %. Остальные 2,5 % – медицинские организации ведомств (МО, МВД, ФСИН, ФСБ, ФМБА, ОАО РЖД) (далее ведомственные МО). И, как следствие, отмечается рост количества источников ионизирующего излучения медицинского назначения.

В настоящее время в медицинских организациях Ростовской области эксплуатируется свыше 1500 ед. медицинского рентгенодиагностического оборудования: 89,90 % составляют рентгенодиагностические (36,57 %), флюорографические (11,13 %), маммографические (5,89 %), а также рентгеностоматологические аппараты (36,31 %) (в том числе с функцией КТ); 10,10 % – компьютерные томографы (5,57 %) и рентгенохирургические (типа С-дуга) и ангиографические комплексы для выполнения высокотехнологичной медицинской помощи (4,53 %).

Развитие лучевой диагностики в Ростовской области заключается в планомерном обновлении парка рентгенодиагностического оборудования, что позволяет проводить замену аналоговых технологий в лучевой диагностики на цифровые (в частности, по данным результатов РГП в государственных МО РО переход на цифровые технологии наиболее полно решен для флюорографии: более 94 % флюорографов являются цифровыми).

Ежегодно отмечается рост количества рентгенорадиологических процедур, выполняемых населению (процедур на жителя). Так, в динамике за период 2010–2019 гг. для населения Ростовской области рост составил 17 %: в 2010 г. количество процедур на душу населения составляло 1,46, а по итогам 2019 г. – 1,72. Далее, в 2020–2022 гг., в связи с эпидемическим распространением COVID-19 наблюдается относительная стабилизация показателя на уровне 1,5 (2022 – 1,54).

Претерпела существенные изменения структура коллективной дозы медицинского облучения населения в первую очередь за счет роста компьютерной томографии, характеризующейся наибольшей лучевой нагрузкой на пациента. Так, за период 2010–2022 гг. вклад компьютерной томографии возрос на 41,44 % и по итогам 2022 г. составил 70,0 %.

Несмотря на то, что использование инструментального метода контроля индивидуальных доз облучения пациентов за период 2010–2022 гг. увеличилось на 21 % (2010 г. – 58 %, 2022 г. – 79 %), по-прежнему в 20 % процедур регистрируются только расчетные эффективные дозы пациентов.

По данным регионального информационного фонда доз медицинского облучения населения в медицинских организациях области по итогам 2022 г. общее количество выполненных РРП (6 713 690 шт.) в сравнении с 2021 г. (6 444 456 шт.) увеличилось на 4,17 %. При этом структура (%) выполненных РРП в МО в 2022 г. остается без существенных изменений в сравнении с 2021 г. Также 90 % РРП составляют флюорографические (26,78 %) и рентгенографические (63,74 %) процедуры [3].

Если рассматривать характеристику структуры выполненных РРП в МО области с учетом форм собственности и ведомственной принадлежности МО, то в государственных МО структура выполненных РРП соответствует средним значениям, характерным для РО, и формируется вкладом рентгенографии (67,08 %).

В ведомственных МО вклад компьютерной томографии (11,06 %) и флюорографии (49,36 %) превышает средние значения (8,31 и 26,78 %), характерные для РО, а также для государственных МО (7,78 и 23,95 %) и частных МО (10,23 и 32,54 %) при заданном виде процедур.

В частных МО особенность структуры выполненных РРП формируется вкладом компьютерной томографии (10,23 %) и радионуклидных исследований (1,73 %), превышающим средние значения (8,31 и 0,29 %), характерные для РО, а также для государственных МО (7,78 и 0,11 %). Динамика структуры РРП, выполняемых в МО области за период 2021–2022 гг., представлена в табл. 1.

Таблица 1

Структура РРП, выполненных в медицинских организациях Ростовской области (с учетом форм собственности и ведомственной принадлежности) по итогам РГП и ЕСКИД за 2021–2022 гг., %

Вид процедуры	Всего по РО		Государственные МО		Ведомственные МО		Частные МО	
	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.
Флюорография	26,76	26,78	24,01	23,95	43,86	49,36	35,77	32,54
Рентгенография	63,32	63,74	66,25	67,08	46,73	39,39	52,90	55,47
Рентгеноскопия	0,18	0,21	0,21	0,25	0,21	0,17	0,00	0
Компьютерная томография	8,88	8,31	8,65	7,78	9,20	11,06	10,13	10,23
Радионуклидные исследования	0,24	0,29	0,11	0,11	0,00	0	1,20	1,73
Специальные исследования	0,62	0,65	0,77	0,8	0,00	0	0,00	0
ВСЕГО	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

На фоне роста общего количества РРП (на 4,17 %), выполненных в МО области в 2022 г., коллективная доза (чел.·Зв/год) медицинского облучения населения в сравнении с 2021 г. увеличилась на 1,72 % и составила 2910,2808 чел.·Зв/год, что соответствует вкладу медицинского облучения в коллективную дозу облучения населения (18,50 %).

За счет медицинского облучения коллективный риск появления стохастических эффектов в течение всей оставшейся жизни составляет 165,8 случая, при этом за счет компьютерной томографии – 111,43, радионуклидных исследований – 22,20, специальных исследований – 12,73, рентгенографии – 12,02, а также за счет флюорографии (4,76) и рентгеноскопии (2,73), которые в сумме составляют 7,5 случая.

Структура коллективной дозы медицинского облучения формируется на 71,24 % РРП, выполненными в государственных МО, и на 28,76 % – выполненными в ведомственных МО (8,94 %) и в частных МО (19,82 %).

Существенных изменений в структуре коллективной дозы медицинского облучения в Ростовской области в сравнении с 2021 г. не отмечается. В то же время на фоне роста вклада радионуклидных исследований (2021 г. – 8,65; 2022 г. – 13,38) наблюдается снижение вклада компьютерной томографии (2021 г. – 70,96; 2022 г. – 67,17) и специальных исследований (2021 г. – 9,5; 2022 г. – 7,67). Характеристика структуры коллективной дозы в РО и РФ приведена в табл. 2.

Если рассматривать характеристику структуры коллективной дозы медицинского облучения в МО с учетом форм собственности и ведомственной принадлежности, то в государственных МО структуру коллективной дозы формируют компьютерная томография (75,25 %) и специальные исследования (10,78 %), превышающие средние значения (67,17 и 7,67 %), характерные для РО, за исключением радионуклидных исследований, вклад которых составляет менее 1 % (0,68 %) на фоне среднеобластного показателя – 13,38 %.

В ведомственных МО отмечается наибольший вклад (86,83 %) компьютерной томографии в коллективную дозу медицинского облучения, превышающий среднее значение (67,17 %), характерное для РО при заданном виде процедур.

Таблица 2

Структура коллективной дозы медицинского облучения населения за счет РРП, выполненных в МО Ростовской области (с учетом форм собственности и ведомственной принадлежности) по итогам ЕСКИД за 2021–2022 гг., чел.·Зв/год

Вид процедуры	Всего РО		Государственные МО		Ведомственные МО		Частные МО	
	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.
Флюорография	2,65	2,87	2,08	2,17	6,84	5,04	3,94	4,40
Рентгенография	6,77	7,24	7,82	9,14	10,36	5,79	1,10	1,10
Рентгеноскопия	1,47	1,64	1,88	2,02	0,30	2,33	0,00	0,00
Компьютерная томография	70,96	67,17	75,25	75,16	82,50	86,83	48,78	29,61
Радионуклидные исследования	8,65	13,38	0,68	0,73	0,00	0,00	46,18	64,89
Специальные исследования	9,50	7,67	12,29	10,78	0,00	0,00	0,0	0,00
ВСЕГО	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

В частных МО особенность структуры коллективной дозы формируется вкладом радионуклидных исследований (64,89 %), значительно превышающим среднеобластной показатель (13,38 %) за счет внедрения методик ядерной медицины, сопровождающихся как внутренним облучением за счет введения радиофармпрепарата (РФП), так и внешним облучением при выполнении компьютерной томографии с целью визуализации.

Одной из характеристик текущего состояния лучевой диагностики являются средние эффективные дозы облучения пациента при выполнении РРП. Сведения, представленные в табл. 3, характеризуют значения средних эффективных доз (СЭД) облучения пациента за одну РРП (мЗв/процедуру) в МО РО и РФ.

В МО РО СЭД (мЗв/процедуру) составляет 0,449 и находится на уровне средних значений, характерных для РФ (0,50). Аналогичные показатели характерны как для государственных МО (0,381), так и ведомственных (0,545) МО. Исключение составляют частные МО, где СЭД (мЗв/процедуру) (0,72) превышает средние значения, характерные как для РО (0,45), так и РФ (0,50), за счет внедрения и выполнения методик позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ/КТ). В табл. 3 представлены СЭД облучения пациентов (мЗв/процедуру) в МО РО и РФ, полученные в рамках ЕСКИД по итогам 2022 г.

Таблица 3

Средние эффективные дозы (СЭД) облучения пациентов (мЗв/процедуру) в медицинских организациях РО (с учетом форм собственности и ведомственной принадлежности) и РФ по итогам РГП и ЕСКИД за 2022 г.

СЭД облучения пациентов (мЗв/процедуру)				
Всего в РО	Государственные МО	Ведомственные МО	Частные МО	Всего РФ
0,449	0,381	0,545	0,725	0,500

Диапазон значений СЭД за процедуру (мЗв/процедуру) зависит от вида процедур, области исследования, от технических характеристик используемого оборудова-

ния, а также наличия инструментального контроля доз облучения пациентов. Так, в государственных МО инструментальный контроль доз облучения пациентов составляет 79,8 %, в ведомственных МО – 8,1 %, в частных медицинских клиниках – 28,6 %. В табл. 4 представлены измеренные средние эффективные дозы (СЭД) облучения (мЗв/процедуру) с учетом вида процедур и области исследования в медицинских организациях РО по итогам 2022 г., полученные в рамках ЕСКИД.

Диапазон СЭД за процедуру (мЗв/процедуру), полученных на основе измерений, с учетом области исследования, в МО РО составляет: при флюорографии – от 0,03 до 0,13; при рентгенографии – от 0,02 до 0,30; рентгеноскопии – от 3,3 до 5,2; компьютерной томографии – от 2,4 до 8,0.

Таблица 4

Средние эффективные дозы (СЭД) облучения пациентов (мЗв/процедуру) по видам процедур с учетом области исследований в медицинских организациях области по итогам 2022 г.

Вид процедуры/область исследования	Всего в РО	Государственные МО	Ведомственные МО	Частные МО
Флюорографические (цифровые)				
Органы грудной клетки	0,025	0,024	0,135	0,046
Рентгенографические (цифровые)				
Органы грудной клетки	0,027	0,027	0,080	0,037
Органы брюшной полости	0,302	0,303	0,150	0,275
Нижняя часть ЖКТ	0,193	0,193	нет	нет
Таз, бедро	0,107	0,108	0,200	0,081
Рентгеноскопические				
Органы грудной клетки	4,028	4,029	нет	нет
Органы брюшной полости	3,33	3,515	нет	нет
Нижняя часть ЖКТ	5,217	5,217	нет	нет
Компьютерная томография				
Органы грудной клетки	4,006	4,129	2,468	2,789
Органы брюшной полости	5,100	5,907	8,000	6,173
Таз, бедро	4,16	3,969	нет	5,927

Результаты, представленные в табл. 4, свидетельствуют, что средние эффективные дозы пациентов при проведении рентгенологических исследований в МО РО, в целом соответствуют средним значениям, характерным для РО. Однако диапазон средних значений может значительно отличаться, так как зависит от типа оборудования (аналоговое или цифровое), типа телосложения пациента, режимов выполнения исследований (анодного напряжения на рентгеновской трубке-кВ; значение количества электричества-мА*с,), что является предметом дальнейших исследований на территории РО.

Одним из важных показателей в оценке медицинского облучения является средняя годовая эффективная доза жителя (мЗв/год). В Ростовской области данный показатель находится на уровне 0,70 мЗв/год, при средних значениях 0,97, характерных для населения РФ, что подтверждается количеством РРП на 1000 населения, выполняемых в РО и РФ, представленных в табл. 5.

Таблица 5

Показатель количества РРП на 1000 жителей, выполняемых в медицинских организациях РО и РФ по итогам 2022 г.

Территория	Всего	Флюорография	Рентгенография	Рентгеноскопия	Компьютерная томография	Радионуклидные исследования	Специальные исследования
РО	1616,29	432,91	1030,25	3,51	134,30	4,80	10,53
РФ	1924,05	512,20	1196,45	7,73	189,02	4,93	13,72

Сведения, представленные в табл. 5, характеризуют объем и характеристику РРП, выполняемых населению в РО и РФ. В РО общий показатель РРП на 1000 жителей (1616,29) на 15,9 % ниже, чем в РФ (1924,05), при этом показатель количества рентгеноскопических процедур (3,51) ниже соответствующего показателя (7,73), характерного для РФ, в 2 раза.

Таким образом, развитие лучевой диагностики в РО характеризуется как ростом медицинских организаций, выполняющих медицинские РРП, так и внедрением высокоинформативных и дозобразующих процедур, таких как: компьютерная томография, методики ядерной медицины (ПЭТ/КТ) и специальных исследований. Что влияет на структуру медицинского облучения населения Ростовской области, которую на 81 % формируют РРП, выполненные в государственных МО, и на 19 % – выполненные в ведомственных и частных МО.

Структура рентгенорадиологических процедур более чем на 90 % представлена рентгенографическими, флюорографическими процедурами, а их доля в формировании коллективной дозы медицинского облучения составляет 10,11 %.

В то же время широкое развитие получает внедрение высокоинформативных и дозообразующих процедур, таких как компьютерная томография, что формирует ≈ 70 % (67,17 %) коллективной дозы медицинского облучения на фоне 8,0 % вклада данного вида процедур в общее количество выполненных РРП.

Внедрение методик ядерной медицины, сопряженных с другими методами лучевой диагностики (ПЭТ/КТ), отразилось и на структуре коллективной дозы медицинского облучения: так, в РО величина вклада радионуклидных исследований (13,38 %) в 2 раза превышает соответствующий показатель (5,0 %), характерный для РФ. Внедрение методик ядерной медицины (ПЭТ/КТ) в практику частных МО РО формирует 13,38 % коллективной дозы медицинского облучения на фоне общего количества данного вида процедур в структуре РРП на уровне 0,3 % (0,29 %).

За счет медицинского облучения коллективный риск появления стохастических эффектов в течение всей оставшейся жизни составляет 165,8 случая, при этом за счет компьютерной томографии – 111,43, радионуклидных исследований – 22,20, специальных исследований – 12,73, рентгенографии – 12,02, а также 7,5 случая за счет флюорографии (4,76) и рентгеноскопии (2,73).

Дальнейшее внедрение высокоинформативных методов лучевой диагностики, как в практику государственных МО, так и ведомственных и частных МО, будет оказывать влияние на динамику изменения (увеличения) вклада медицинского облучения в общую коллективную дозовую нагрузку населения, и, как следствие, приводит к росту коллективного риска появления стохастических эффектов за счет медицинского облучения населения.

Список литературы

1. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2021 год: радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. – 132 с.

2. Характеристика показателей радиационной безопасности объектов окружающей среды и доз облучения граждан Ростовской области по результатам радиационно-гигиенической паспортизации на административных территориях области по итогам 2021 г.: информационный бюллетень. – Ростов-на-Дону: Управление Роспотребнадзора по Ростовской области, 2022. – 89 с.

3. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в Ростовской области за 2022 год: радиационно-гигиенический паспорт Ростовской области. – Ростов-на-Дону: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. – 17 с.

Актуальность профилактики и диагностики инфекции, связанных с оказанием медицинской помощи в хирургических отделениях

Ж.Б. Жабытай

НАО «Медицинский университет Астана»,
г. Астана, Республика Казахстан

Дается всесторонний обзор современных аспектов профилактики и диагностики инфекций в хирургических отделениях, а также подчеркивается важность ранней диагностики и оперативного лечения внутрибольничных инфекций для улучшения результатов лечения пациентов и снижения затрат на здравоохранение.

Ключевые слова: внутрибольничные инфекции, диагностика инфекционных заболевании, профилактика, дезинфекция, стерилизация, мониторинг, резистентность, антибиотики, эпиднадзор, инвазивные процедуры.

Внутрибольничные инфекции остаются серьезной проблемой в хирургическом отделении с высокими показателями заболеваемости и смертности. Профилактика и ранняя диагностика внутрибольничных инфекций имеют решающее значение для улучшения результатов лечения пациентов и снижения затрат на здравоохранение.

Цель исследования – обзор современных аспектов профилактики и диагностики внутрибольничных инфекций в хирургических отделениях.

В работе представлен обзор наиболее распространенных патогенов, вызывающих внутрибольничные инфекции, а также способы передачи, факторы риска инфицирования. Представлены профилактические меры, которые могут быть приняты для снижения частоты инфекций. Обсуждаются методы диагностики,

доступные для выявления внутрибольничных инфекций, и даются рекомендации по дальнейшим исследованиям в этой области.

Материалы и методы. Представлен обзор литературы, основанный на ряде источников, включая опубликованные научные исследования, систематические обзоры и рекомендации международных организаций здравоохранения. Были использованы специальные поисковые запросы, связанные с профилактикой и диагностикой внутрибольничных инфекций в хирургических отделениях.

Результаты. Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи, и их устойчивость к противомикробным препаратам оказывают колоссальное негативное воздействие на жизнь и здоровье людей. Каждый год 24 % пациентов умирает с сепсисом, связанным с оказанием медицинской помощи. В отделениях интенсивной терапии смертность среди таких пациентов достигает 52,3 %. В случае внутрибольничного заражения инфекциями, устойчивыми к противомикробным препаратам, смертность увеличивается в 2–3 раза. По данным Всемирной организации здравоохранения, 6–7 % больных, обращающихся за помощью в медицинские организации, заболевают инфекциями (инфекционными болезнями), связанными с оказанием медицинской помощи (ИСМП) [1].

Внутрибольничные инфекции, также известные как внутрибольничные инфекции (ВБИ), – это инфекции, которыми пациенты заражаются во время пребывания в больнице. Эти инфекции могут привести к росту заболеваемости, смертности и увеличению расходов на здравоохранение. В хирургических отделениях частота внутрибольничных инфекций особенно высока из-за проводимых инвазивных процедур и ослабленной иммунной системы многих хирургических пациентов. Поэтому крайне важно внедрять эффективные стратегии профилактики и диагностики для снижения частоты внутрибольничных инфекций в хирургических отделениях.

Патогены и способы передачи. Наиболее распространенными патогенами, вызывающими внутрибольничные инфекции в хирургических отделениях, являются золотистый стафилококк, энтерококк, кишечная палочка, клебсиелла, синегнойная палочка и ацинетобактер. Эти патогенные микроорганизмы могут передаваться при непосредственном контакте с загрязненным оборудованием, поверхностями или медицинскими работниками. Они также могут передаваться по воздуху, особенно в случаях переносимых воздушно-капельным путем патогенов, таких как туберкулез [2].

Факторы риска заражения. Несколько факторов риска повышают вероятность развития внутрибольничной инфекции в хирургических отделениях. К ним относятся длительное пребывание в больнице, инвазивные процедуры, использование инвазивных устройств (таких как катетеры или аппараты искусственной вентиляции легких), ослабленная иммунная система и прием антибиотиков (рисунок) [2].

Хирургические стационары следует рассматривать как подразделения повышенного «риска» возникновения ВБИ, что определяется следующими обстоятельствами: наличием раны, расширением показаний к оперативным вмешательствам. Ведущее значение имеют хирургические раневые инфекции. Основной путь передачи – контактный, факторы передачи – руки персонала и медицинский инструментарий. В связи с этим многократно возрастают требования к соблюдению правил асептики и антисептики.

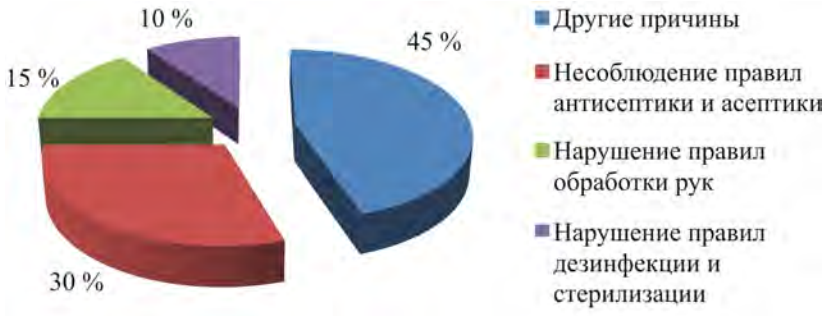


Рис. Официально регистрируемые причины вознекновения инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи в целом [2]

К тому же существует риск заражения болезнями, передаваемыми через кровь, в хирургических отделениях медицинских учреждений, поскольку есть вероятность контакта с кровью и жидкостями организма во время хирургических процедур. Заболевания, передаваемые через кровь, такие как ВИЧ, гепатит В и гепатит С, могут передаваться при контакте с инфицированной кровью [3].

Уровень заболеваемости вирусными гепатитами среди медицинских работников в среднем в 2–3 раза выше, чем среди населения страны в целом. Особую категорию риска представляет медицинский персонал операционных блоков. При обследованиях выявилось, что носителями маркеров гемоконтактных вирусных гепатитов являются около 15 % персонала, работающего в наших операционных. Во внутрибольничной патологии гемоконтактные вирусные гепатиты В и С играют значимую роль и встречаются в стационарах в 4 раза чаще, чем в популяции в целом [3].

Обследования, проводимые стационарным больным в кардиоцентре, выявляют до 30–35 % лиц, в крови которых обнаруживаются маркеры этих инфекций. Риск инфицирования после укола иглой, обсемененной вирусом, составляет 5–40 % для гепатита В и 1–10 % для гепатита С. Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ): инфекция кажется менее значимой, и она встречается у 0,2 % пациентов кардиоцентра, а риск инфицирования при попадании инфицированной крови на поврежденные кожные покровы составляет всего 0,3–0,52 % [3].

Превентивные меры. Могут быть приняты профилактические меры для снижения частоты внутрибольничных инфекций в хирургических отделениях. Эти меры включают надлежащую гигиену рук, использование средств индивидуальной защиты, очистку и дезинфекцию окружающей среды, надлежащее обращение с инвазивными устройствами, использование антибиотиков и вакцинацию медицинских работников и пациентов.

Только непрерывный процесс организационных, профилактических, эпидемиологических мероприятий, постоянное совершенствование системы обучения, повышения профессиональных знаний и умений специалистов по вопросам ИСМП способствует повышению уровня и качества оказания услуг, а значит и защите пациента и персонала от инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи.

Методы диагностики. Методы диагностики внутрибольничных инфекций включают лабораторные тесты (посев крови и мазки из ран), визуализационные исследования (рентген грудной клетки и компьютерная томография), и молекулярно-диагностические тесты (анализы полимеразной цепной реакции). Эти мето-

ды диагностики могут помочь выявить возбудителей и назначить соответствующее лечение [4].

Выводы. В заключение следует отметить, что внутрибольничные инфекции являются серьезной проблемой в хирургических отделениях. Эффективные стратегии профилактики и диагностики имеют решающее значение для снижения частоты этих инфекций и улучшения результатов лечения пациентов. Необходимы дальнейшие исследования для разработки новых методов профилактики и диагностики, а также для оценки эффективности существующих стратегий.

Список литературы

1. Кандаурова Т.В., Жукова И.А., Литвинова И.В. Эпидемиология нозокомиальных инфекций в стационарах различных профилей // Здравоохранение. – 2020. – Т. 21, № 3. – С. 56–60.

2. Fong I.W. The epidemiology of infectious diseases in hospitals // Curr Opin Infect Dis. – 2019. – Vol. 32 (5). – P. 407–412. DOI: 10.1097/QCO.0000000000000593

3. Абакумов М.М., Желтов В.С. Эпидемиология оперативной микрохирургии // Микрохирургия. – 2019. – Т. 19, № 4. – С. 65–70.

4. Estimating health care-associated infections and deaths in U.S. hospitals, 2002 / R.M. Klevens, J.R. Edwards, C.L. Richards [et al.] // Public Health Rep. – 2007. – Vol. 122 (2). – P. 160–166.

Опыт реализации национальных проектов как научно-практическая и методологическая основа для развития региональной системы социально-гигиенического мониторинга

А.А. Неплохов[2], М.С. Миронова[1], Д.С. Константинов[2], Е.Г. Плотникова[1], Е.М. Гусельникова[2]

[1]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Оренбургской области,
[2]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области» Роспотребнадзора,
г. Оренбург, Россия

Представлен опыт реализации национальных проектов в рамках социально-гигиенического мониторинга в Оренбургской области.

Ключевые слова: социально-гигиенический мониторинг, национальный проект.

Функционирование системы социально-гигиенического мониторинга (СГМ) было и остается одной из ключевых задач в работе учреждений Роспотребнадзора по Оренбургской области по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения [1, 2].

Важнейшим методическим вопросом СГМ является разработка приоритетных направлений деятельности санитарно-эпидемиологической службы и заинтересованных ведомств по снижению территориально затратных рисков возникновения и обострения заболеваний, основанных на результатах многолетних наблюдений за качеством среды обитания и показателей здоровья.

По мнению ряда ведущих ученых, с позиции современной профилактической медицины невозможно осуществление анализа, оценки и прогноза состояния здоровья населения и среды обитания без формирования в системе СГМ максимально полной информации о потенциально опасных веществах в объектах окружающей среды – факторах риска. Совершенствование и развитие системы СГМ неразрывно связано с внедрением в деятельность Службы новых методических подходов к оценке влияния факторов риска на здоровье населения [3–5].

На современном этапе, когда деятельность государственных структур направлена на достижение целей по прорывному научно-технологическому и социально-экономическому развитию страны, определенных Указом Президента Российской Федерации В.В. Путина от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», приоритетным является реализация национальных проектов.

С точки зрения развития региональной системы СГМ особую актуальность приобретают следующие федеральные проекты национальных проектов, в реализации которых принимает участие Роспотребнадзор:

– федеральный проект «Чистый воздух» национального проекта «Экология»;

– федеральный проект «Чистая вода» национального проекта «Жилье и городская среда»;

– федеральный проект «Генеральная уборка» национального проекта «Экология».

В рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология» подготовлена программа мониторинговых наблюдений в г. Медногорске, которая соответствует требованиям МР 2.1.6.0157-19 «Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха и количественная оценка экспозиции населения для задач социально-гигиенического мониторинга». Согласно данной программе, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области» в 2020–2023 гг. проводит мониторинг атмосферного воздуха на одном маршрутном посту (г. Медногорск, ул. А. Гайдара, 12) по полной программе наблюдений (4 раза в сутки при обязательном отборе в 1, 7, 13, 19 ч по местному декретному времени), 300 разовых измерений (75 среднесуточных), 6600 исследований, с охватом всех сезонов года).

Исследования проведены по 22 приоритетным с позиции оценки риска для здоровья химическим веществам (серы диоксид, азота диоксид, азота оксид, сероводород, взвешенные вещества, аэрозольные частицы пыли $PM_{2.5}$, PM_{10}, углеводороды С12–19, аммиак, углеводороды С6–С10, бенз(а)пирен, фенол, никель, хром, медь, свинец, кадмий, углерода оксид, формальдегид, керосин, сажа, серная кислота).

По данным Федерального информационного фонда за 2017–2022 гг. доля проб атмосферного воздуха населенных мест с превышением от 1 до 5 $ПДК_{сс}$ на стационарных постах Оренбургского ЦГМС (филиала ФГБУ «Приволжское УГМС») снизилась с 0,9 до 0,4 % (2017 г. – 0,9 %, 2018 г. – 0,4 %, 2019 г. – 0,4 %, 2020 г. – 0,3 %, 2021 г. – 0,2 %).

По данным лабораторных исследований (без учета погрешности измерения), проведенных в рамках федерального проекта «Чистый воздух» на маршрутном посту ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области» за период 2020–2022 гг., наблюдается увеличение нестандартных проб как измеренных максимальных разовых, так и расчетных среднесуточных с 1,4 до 2,0 %. Обращает на себя внимание рост числа нестандартных проб по взвешенным частицам $PM_{2.5}$ и PM_{10} с 0,6 до 1,4 %.

Риски для здоровья населения, полученные на основе сводного расчета и данных мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в г. Медногорске, характеризуются следующим:

– уровни аэрогенного риска без учета фоновых концентраций достигают по индексу опасности (органы дыхания) для неканцерогенного риска значения 9,2 при допустимом уровне 3,0 и превышают его значение более чем в 3 раза; этот риск формируется в наибольшей степени за счет воздействия на здоровье выбросов оксида меди (на 60,14 %);

– уровень аэрогенного канцерогенного риска не превышает допустимый уровень 0,0001 и достигает значения 0,0000499, то есть ниже допустимого уровня почти в 2 раза;

– уровень аэрогенного риска с учетом фоновых значений загрязнения атмосферного воздуха, рассчитанным по данным фактического мониторинга, по индексу опасности (органы дыхания) для неканцерогенного риска, формируют неприемлемые уровни за счет высоких концентраций меди оксида, серной кислоты, керосина, взвешенных веществ, серы диоксида;

– уровень канцерогенного аэрогенного риска с учетом фоновых значений составляет от 0,000034 до 0,000136, что превышает допустимый уровень в 1,4 раза.

На основании данных, полученных в рамках действующей системы СГМ, и для обеспечения согласованных действий заинтересованных органов по реализации Федерального закона № 195-ФЗ, актуализирован и утвержден на правительственном уровне комплексный план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в г. Медногорске (далее – Комплексный план), направленный на кардинальное снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и обеспечение благоприятных условий проживания жителей г. Медногорска. В результате мероприятий к 2024 г. запланировано снижение совокупного объема выбросов в атмосферный воздух на 1889,16 т (24,77 %). В плане учтены мероприятия по снижению выбросов от промышленных предприятий, являющихся источниками загрязнения атмосферного воздуха. Но при этом он не содержит детализации о снижении выбросов конкретных веществ, что не позволяет оценить достаточность запланированных мероприятий, по возможности оказать влияние на качество атмосферного воздуха с позиции формирования риска для здоровья населения, находящегося под их влиянием.

В рамках реализации федерального проекта «Чистая вода» национального проекта «Жилье и городская среда» одной из приоритетных задач определено повышение качества питьевой воды для населения, так как обеспечение населения страны качественной питьевой водой, безопасной в эпидемиологическом отношении и безвредной по химическому составу, является одной из основ в сфере создания санитарно-эпидемиологического благополучия.

В системе СГМ Оренбургской области всегда уделялось значительное внимание мониторингу качества питьевой воды как действенному инструменту. Начи-

ная с 2021 г. с выходом МР 2.1.4.0176-20 «Организация мониторинга обеспечения населения качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения» и в соответствии с планом мероприятий Роспотребнадзора осуществляется деятельность по ведению информационной системы «Интерактивная карта контроля качества питьевой воды в Российской Федерации», которая позволяет на практике реализовать механизм управления рисками для здоровья.

Ежегодно приказом Управления Роспотребнадзора по Оренбургской области утверждается программа мониторинговых наблюдений в рамках ведения социально-гигиенического мониторинга в Оренбургской области. В программе унифицированы организационные подходы к мониторингу качества питьевой воды (согласно МР 2.1.4.0176-20) по выбору точек контроля, перечню исследуемых показателей, кратности и периодичности отбора проб, а также предусматривается проведение лабораторных исследований питьевой воды из систем централизованного водоснабжения на различных этапах: водоисточник – водоподготовка – распределительная сеть.

На основании анализа полученных данных и результатов контрольно-надзорных мероприятий, проводимых при взаимодействии с Министерством строительства, жилищно-коммунального и дорожного хозяйств Оренбургской области, успешно реализуется региональная программы «Повышение качества водоснабжения на территории Оренбургской области» на 2019–2024 гг. (утвержденная постановлением Правительства Оренбургской области от 10.10.2019 № 775-пп). В 2021–2022 гг. достигнуты целевые показатели, определенные паспортом федерального проекта «Чистая вода» национального проекта «Жилье и городская среда», а именно: «Обеспечение качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения населения Оренбургской области в 2022 г. – 97,3 %, в том числе городского – 99,6 %, при целевом в 2024 г. – 98,2 и 99,6 % соответственно.

После законодательно закрепленного в 2016 г. определения объектов накопленного вреда окружающей среде (ОНВОС) (территории и акватории, на которых выявлен накопленный вред окружающей среде, объекты капитального строительства и объекты размещения отходов, являющиеся источником накопленного вреда окружающей среде) во исполнение Указов (от 07.05.2018 № 204 и от 21.07.2020 № 474) и Поручения Президента РФ (от 24.10.2020 № Пр-1726ГС) в 2021 г. правительством РФ утвержден федеральный проект «Генеральная уборка», в который Роспотребнадзор вошел как соисполнитель.

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» разработаны и утверждены Роспотребнадзором методические рекомендации МР 2.1.10.0273-22 «Оценка воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде на здоровье граждан и продолжительность их жизни, в том числе с возможностью проведения экспресс-оценки». МР 2.1.10.0273-22 предусмотрен максимально полный перечень показателей, которые могли бы характеризовать влияние объекта на качество среды обитания человека и его здоровье.

Одним из этапов алгоритма выполнения работ является заполнение шаблона для проведения оценки риска данными, характеризующими показатели качества объектов среды обитания в зоне влияния НВОС (химические, микробиологические, радиационные показатели качества атмосферного воздуха, природных и питьевых вод, почв, сельскохозяйственных продуктов питания, выращиваемых в зоне влияния объекта НВОС), по результатам ранее выполненных собственных ретроспек-

тивных данных Роспотребнадзора в регионе и специальных исследований, включенных в данные процедуры оценки риска здоровью.

В 2022 г. в Оренбургской области впервые проведена оценка риска для здоровья населения от двух объектов накопленного вреда окружающей среде (ОНВОС) – это несанкционированные свалки в Сорочинском и Кувандыкском городских округах. В результате установлен умеренный риск в отношении свалки в Сорочинском городском округе и средний риск в Кувандыкском городском округе.

Таким образом, для получения максимально полной информации о качестве среды обитания в зоне влияния ОНВОС возможно использование многолетней базы СГМ, включая данные, полученные при реализации ФП «Чистый воздух» и «Чистая вода». А также методически обоснованные и апробированные на практике подходы по планированию и проведению необходимых исследований, позволяющих установить влияние определенных факторов на здоровье с использованием методологии анализа риска.

По результатам анализа опыта реализации национальных проектов как научно-практической и методологической основы для развития региональной системы социально-гигиенического мониторинга Оренбургской области получены следующие выводы:

1. Опыт реализации национальных проектов на территории Оренбургской области формирует базу для решения широкого спектра задач по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения, позволяет получать качественную исходную информацию в связи с наличием единых требований к сбору, проверке и обобщению.

2. Одним из приоритетных направлений становится увеличение охвата территорий области, где для эффективного планирования и реализации воздухоохранных мероприятий необходимо использовать практику квотирования выбросов на основе сводных расчетов загрязнения с применением методологии управления рисками здоровью.

3. Реализация управленческих решений с использованием подхода, основанного на применении методологии анализа рисков для здоровья населения, позволит оптимально использовать имеющиеся ресурсы для обеспечения достижения поставленных целей.

4. Внедрение в работу Единой информационно-аналитической системы Роспотребнадзора и ее максимальная интеграция с системой СГМ значительно повысят результативность и эффективность информационно-аналитической поддержки для принятия управленческих решений по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей на региональном и местном уровнях.

Список литературы

1. Отдельные аспекты ведения социально-гигиенического мониторинга и оценки риска на территории Оренбургской области / Т.М., Макарова В.Н. Дунаев, Л.М. Тулина, Е.Г. Плотникова, А.А. Неплохов // Актуальные направления развития социально-гигиенического мониторинга и анализа риска здоровью: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Пермь, 2013. – С. 241–245.

2. Онищенко Г.Г., Основные итоги и перспективы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации // Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей: сб. ст. – М., Ярославль: Канцлер, 2012. – Т. 1. – С. 30–41.

3. Информационно-аналитическая поддержка управления риском для здоровья населения на основе реализации концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года / А.Ю. Попова, С.В. Кузьмин, В.Б. Гурвич, Д.Н. Козловских, С.В. Романов, О.В. Диконская, О.Л. Малых, Е.А. Кузьмина, С.В. Ярушин // Здоровье населения и среда обитания. – 2019. – № 9 (319). – С. 4–12.

4. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья / А.Ю. Попова, В.Б. Гурвич, С.В. Кузьмин, А.Л. Мишина, С.В. Ярушин // Гигиена и санитария. – 2017. – № 96 (12). – С. 1125–1129.

5. Развитие методологии анализа риска здоровью в задачах государственного управления санитарно-эпидемиологическим благополучием населения / Н.В. Зайцева, Г.Г. Онищенко, И.В. Май, П.З. Шур // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 3. – С. 4–20. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.01

Внедрение обучающей (просветительской) программы по вопросам здорового питания для групп населения, проживающих на территориях с особенностями в части воздействия факторов окружающей среды

Д.Н. Лир[1,2]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Минздрава России,
г. Пермь, Россия

Предложены подходы к внедрению обучающей (просветительской) программы по вопросам здорового питания для групп населения, проживающего на территориях с особенностями в части воздействия факторов окружающей среды. Программа разработана в рамках федерального проекта «Формирование системы мотивации граждан к здоровом у образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек» (или «Укрепление общественного здоровья»), являющегося составной частью национального проекта «Демография». Представлены промежуточные результаты использования данной программы в работе по обеспечению популяризации здорового питания.

Ключевые слова: здоровое питание, национальный проект «Демография», федеральный проект «Укрепление общественного здоровья», обучающие программы, гигиеническое обучение.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) является одним из федеральных органов, ответственных за реализацию мероприятий национального проекта «Демография», в части федерального проекта «Укрепление общественного здоровья». Для достижения поставленных задач с 2020 г. организована работа по обеспечению популяризации здорового питания, в том числе путем разработки и реализации специальных образовательных программ по рациональному и сбалансированному питанию [1, 2]. Разработано восемь научно обоснованных обучающих программ: для детей дошкольного возраста; для детей школьного возраста; для взрослого населения всех возрастов; для беременных и кормящих женщин; для лиц старше трудоспособного возраста; для лиц с повышенным уровнем физической активности; для групп населения, работающих в тяжелых и вредных условиях труда; для групп населения, проживающих на территориях с особенностями в части воздействия факторов окружающей среды (дефицит микро- и макронутриентов, климатические условия).

Цель исследования – предложить подходы к внедрению обучающих (просветительских) программ по вопросам здорового питания и показать их эффективность на примере программы для групп населения, проживающего на территориях с особенностями в части воздействия факторов окружающей среды.

Материалы и методы. Разработка программы по вопросам здорового питания для групп населения, проживающего на территориях с особенностями в части воздействия факторов окружающей среды, была выполнена на основе анализа научной литературы из общепринятых систем цитирования (CyberLeninka, eLibrary, Google Scholar, Web of Science, Scopus, РИНЦ, ВАК и пр.).

Результаты. Внедрение образовательных программ должно быть основано на функционировании многоуровневой системы непрерывного обучения населения вопросам здорового питания и межведомственном взаимодействии. Следовательно, первоочередными основными направлениями будут являться [3]:

– установление взаимодействия с профильными органами и ведомствами региональной исполнительной власти, участвующими в региональных программах по реализации федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» – министерства / департаменты образования, здравоохранения;

– изучение материалов обучающей программы специалистами территориальных органов и учреждений Роспотребнадзора;

– передача материалов обучающей программы специалистам организаций образования и здравоохранения, подведомственных региональным органам исполнительной власти и последующее методическое сопровождение;

– изучение материалов обучающей программы специалистами организаций образования и здравоохранения, подведомственных региональным органам исполнительной власти;

– размещение адаптированного варианта справочно-информационного материала в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (https://zdorovoepitanie.vesti.ru/; http://cgon.rospotrebnadzor.ru/nashi-videomaterialy/);

– составление «дорожной карты».

Для успешного внедрения программ необходимо:

– наличие кадров в территориальных органах и организациях Роспотребнадзора;

– активное содействие других министерств и ведомств;

– творческий подход в выборе используемых форм и средств;

– наличие материально-технических условий в немедицинских и медицинских организациях;

– наличие ресурсов, созданных на сайтах соответствующих учреждений;

– преодоление психологического сопротивления к восприятию и внедрению инноваций.

Учитывая специфику программы по здоровому питанию для групп населения, проживающего на территориях с особенностями в части воздействия факторов окружающей среды, выбор приоритетной целевой аудитории для обучения основывается на «территории проживания». При этом будут представлять интерес территории с высоким уровнем загрязнения окружающей среды, территории с природными биогеохимическими провинциями и территории с экстремально низкой или высокой температурой. Определить, относится ли та или иная территория страны к значимой по уровню загрязнения можно с помощью интегрального показателя санитарно-гигиенической обстановки по данным доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации» [4].

Для получения представлений о территориях с биогеохимическими провинциями рекомендуется использовать как данные первоисточников [5], так и современные биогеохимические карты отдельных регионов [6]. Знание климатических регионов страны, а также данные средней, максимальной и минимальной температур в течение года помогут определить относится ли территория к неблагоприятной по климатическому фактору (http://climatebase.ru).

Рекомендуется использовать как очные, так и дистанционные формы обучения. Во ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» для распространения материалов программы разработан дополнительный канал коммуникации через образовательный ресурс (https://fcrisk.ru/courses). С использованием образовательного ресурса за неполные три года обучением охвачено 99 755 человек: 2021 г. – 53 272; 2022 г. – 32 070; 2023 г. – 14 413. В течение года обращение к информационно-образовательному контенту меняется (рисунок). Наиболее активно образовательный ресурс используется в осенние месяцы, менее активно – в летнее время. Предлагаемый инструмент позволяет ранжировать субъекты по охвату населения обучением и оценить эффективность мер с учетом целевых показателей.

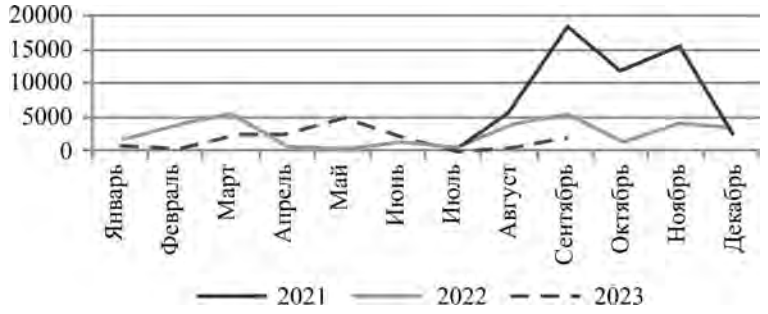


Рис. Интенсивность использования образовательного ресурса в динамике по месяцам, кол-во человек

Выводы. Таким образом, внедрение обучающей (просветительской) программы по вопросам здорового питания с использованием образовательного ресурса как одной из форм обучения населения позволяет оценить эффективность реализации гигиенического воспитания и обучения по таким количественным показателям, как охват населения и интенсивность обращения к информационно-обучающему контенту, что, в свою очередь, поможет спланировать деятельность органов и организаций Роспотребнадзора и активизировать те или иные направления.

Список литературы

1. Паспорт национального проекта «Демография» [Электронный ресурс]. – URL: http://government.ru/info/35559/ (дата обращения: 05.09.2023).

2. Паспорт федерального проекта «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек» [Электронный ресурс]. – URL: http://government.ru/projects/selection/641/28745/ (дата обращения: 05.09.2023).

3. Обучающая программа по вопросам здорового питания для групп населения, проживающих на территориях с особенностями в части воздействия факторов окружающей среды: разработка и внедрение в рамках национального проекта «Демография» / В.Б. Алексеев, Д.Н. Лир, К.П. Лужецкий, П.З. Шур // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99, № 12. – С. 1412–1417. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-12-1412-1417

4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад [Электронный ресурс]. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=25077 (дата обращения: 05.09.2023).

5. Ковальский В.В. Геохимическая среда и жизнь. – М., 1982. – 78 с.

6. Атлас Пермского края / под общей редакцией А.М. Тартаковского; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2012. – 124 с.: ил.

Раздел II

Научные и методические подходы к оценке состояния среды обитания, исследование влияния факторов риска среды обитания на состояние здоровья населения

Определение перечня загрязняющих веществ для организации мониторинга качества атмосферного воздуха в Хабаровском крае

Д.С. Исаев[1], А.А. Ковшов[1,2], А.А. Степанян[1], И.В. Зубун[3], А.Г. Трифонова[4], В.К. Князева[4]

[1]ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
[2]ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России,
г. Санкт-Петербург,
[3]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Хабаровскому краю,
[4]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Хабаровском крае» Роспотребнадзора,
г. Хабаровск, Россия

По материалам Росгидромета, Росприроднадзора и Роспотребнадзора о качестве атмосферного воздуха в городах-участниках федерального проекта «Чистый воздух» (рабочий поселок Чегдомын и г. Комсомольск-на-Амуре Хабаровского края) выполнено ранжирование загрязнителей, выбрасываемых промышленными предприятиями, по величинам валового выброса, индексов сравнительной канцерогенной и неканцерогенной опасности. Установлено, что общее количество выбрасываемых веществ в атмосферный воздух р.пос. Чегдомын – 37, г. Комсомольск-на-Амуре – 176. На основе результатов исследования сформирован перечень загрязняющих веществ, подлежащих контролю в атмосферном воздухе в рамках проведения социально-гигиенического мониторинга в г. Комсомольске-на-Амуре (27 показателей) и р.пос. Чегдомыне (11 показателей).

Ключевые слова: качество атмосферного воздуха, ранжирование выбросов, социально-гигиенический мониторинг, федеральный проект «Чистый воздух», оценка риска здоровью населения.

В настоящий момент в Российской Федерации реализуется федеральный проект «Чистый воздух» (ФП «Чистый воздух»), в рамках которого запланировано снижение выбросов в городах-участниках проекта в два раза к 2030 г.[1]. Необходимо отметить, что улучшение качества атмосферного воздуха будет зависеть не только от валового объема сокращаемых выбросов, но и от их компонентного состава, пространственного расположения источников выбросов, селитебных, рекреационных и иных нормируемых зон [1].

Соответствие качества атмосферного воздуха гигиеническим нормативам является приоритетной задачей в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Несмотря на то, что в задачи ФП «Чистый воздух» не входит сниже-

[1] Паспорт национального проекта «Экология» / утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол № 16 от 24.12.2018 г. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_316096/ (дата обращения: 15.06.2023).

ние концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе до ПДК, улучшение состояния популяционного здоровья населения, ассоциированного с качеством атмосферного воздуха, без решения данного вопроса будет затруднено [2, 3], и сокращение валовых выбросов без учета рисков здоровью жителей может не оказать существенного влияния на условия жизни населения [4–6]. В связи с этим были разработаны алгоритмы определения перечня приоритетных загрязняющих веществ и квотируемых объектов, а также предложен единый алгоритм действий по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения [7–9].

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», Управление Роспотребнадзора по Хабаровскому краю и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Хабаровском крае» участвуют в реализации мероприятий в рамках ФП «Чистый воздух» в г. Комсомольске-на-Амуре и рабочем поселке (р.пос.) Чегдомыне Хабаровского края. В целях принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия населения нужно выполнить оценку качества атмосферного воздуха и анализ риска здоровью населения, основанных на актуальных и достоверных данных об объектах негативного воздействия на окружающую среду и мониторинге качества атмосферного воздуха [10–12]. В связи с этим необходимо проведение исследования по определению перечня веществ, которые могут представлять наибольшую опасность при выбросе в атмосферный воздух на территории Хабаровского края.

Цель исследования – определение перечня веществ для организации мониторинга качества атмосферного воздуха в г. Комсомольске-на-Амуре и р.пос. Чегдомыне Хабаровского края в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух».

Материалы и методы. Проведена оценка качества атмосферного воздуха в городах-участниках федерального проекта «Чистый воздух» (р.пос. Чегдомын и г. Комсомольске-на-Амуре) на основании материалов о среднемноголетних концентрациях загрязняющих веществ по результатам социально-гигиенического мониторинга, выполняемого ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Хабаровском крае» и Росгидромета по Дальневосточному федеральному округу, а также по реестру объектов негативного воздействия на окружающую среду Росприроднадзора.

В настоящей работе выполнено ранжирование загрязнителей, выбрасываемых промышленными предприятиями, по величинам валового выброса, индексов сравнительной канцерогенной и неканцерогенной опасности с последующим формированием перечня приоритетных загрязнителей в отмеченных городах.

Ранжирование выполнялось в соответствии с действующим руководством по оценке риска[2]. Критериями включения являлись:

- ранговое место по объемам валового выброса химических веществ;
- канцерогенная и неканцерогенная опасность химических веществ, вклад которых в суммарные индексы составлял не менее 95 %; наличие превышений гигиенических нормативов в атмосферном воздухе по данным мониторинга за несколько лет (Росгидромет, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии»).

[2] Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

Для выявления наиболее опасных и вредных для здоровья населения загрязняющих веществ на этапе идентификации опасности использовался метод предварительного ранжирования потенциальных канцерогенов по величине суммарной годовой эмиссии и весового коэффициента канцерогенного эффекта (*Wc*), устанавливаемого в зависимости от значений фактора канцерогенного потенциала и группы канцерогенности по классификации МАИР или соответствующие им группы по классификации US EPA.

Для канцерогенов вычислялся ранговый индекс канцерогенной опасности ($HRi_{\text{канц.}}$) по формуле (1):

$$HRi_{\text{канц.}} = E \cdot Wc \cdot P / 10000, \quad (1)$$

где *Wc* – весовой коэффициент канцерогенной активности;

P – численность популяции под воздействием;

E – величина условной экспозиции (объем выброса).

Для предварительного ранжирования веществ, не обладающих канцерогенным риском (системные токсиканты), использовался метод, аналогичный вышеописанному. При этом использовались весовые коэффициенты, основанные на безопасных дозах или концентрациях (*TW*). Для веществ, обладающих неканцерогенной активностью, вычислялся ранговый индекс неканцерогенной опасности ($HRi_{\text{неканц.}}$) по формуле:

$$HRi_{\text{неканц.}} = E \cdot TW \cdot P / 10000, \quad (2)$$

где *TW* – весовой коэффициент неканцерогенной активности;

P – численность популяции под воздействием;

E – величина условной экспозиции (объем годового выброса, т/год).

На рассматриваемом этапе процедуры оценки риска анализ проводился на качественном уровне, и получаемые величины ранговых индексов опасности использовались исключительно для взаимного сравнения и выявления приоритетных веществ, актуальных для изучаемой территории. В связи с этим при расчете индексов сравнительной канцерогенной и неканцерогенной опасности было учтено, что параметр *P* (численность популяции под воздействием) не влияет на значения $HRi_{\text{канц.}}$ и $HRi_{\text{неканц}}$, так как является величиной постоянной для всех химических веществ, присутствующих в выбросах предприятия, и условно принят равным «1».

Результаты. Согласно данным реестра объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду (ОНВОС I, II и III категории), расположенных на территориях г. Комсомольска-на-Амуре и р.пос. Чегдомына, общее количество выбрасываемых веществ в атмосферный воздух р.пос. Чегдомын – 37, г. Комсомольска-на-Амуре – 176. Результаты ранжирования веществ по величине валового выброса в р.пос. Чегдомыне показали, что более 99 % составляют выбросы 6 веществ: углерода оксид (углерод окись; углерод монооксись; угарный газ) – 52,28 %; пыль неорганическая: SiO_2 70–20 % – 27,53 %; углерод (сажа) – 9,16 %; серы диоксид – 6,57 %; азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота) – 3,24 %; азот (II) оксид (азота оксид) – 0,53 %.

В г. Комсомольске-на-Амуре суммарную величину валового выброса в размере 95,79 % составляют выбросы 11 веществ, которые обладают удельным вкладом более 1 % в суммарный объем выбросов: углерода оксид (углерод окись; угле-

род монооксись; угарный газ) – 23,07 %; азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота) – 15,51 %; серы диоксид – 14,26 %; метан – 14,01 %; пыль неорганическая: SiO_2 70–20 % – 11,03 %; смесь предельных углеводородов C_1H_4–C_5H_{12} – 8,64 %; диЖелезо триоксид, (железа оксид) / в пересчете на железо / (железо сесквиоксид) – 2,77 %; азот (II) оксид (азота оксид) – 2,34 %; взвешенные вещества – 1,59 %; смесь предельных углеводородов C_6H_{14}–$C_{10}H_{22}$ – 1,32 %; пыль хромово-цинкового катализатора (К-16) – 1,26 %.

В составе заявленных выбросов предприятий в р.пос. Чегдомыне присутствуют 6 химических веществ, которые согласно руководству по оценке риска, СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» и классификации МАИР обладают канцерогенным действием на человека при ингаляционном пути поступления в организм и обладают фактором канцерогенного потенциала (*SFi*). Наибольший вклад в суммарное значение *HRIc* вносит углерод (пигмент черный) – 99,95 %. В г. Комсомольске-на-Амуре присутствуют 13 канцерогенных веществ, наибольший вклад в суммарное значение *HRIc* вносит углерод (пигмент черный) – 35,28 %. 98,78 % вклада в суммарное значение *HRIc* вносят 6 веществ, которые также обладают удельным весом в суммарном *HRIc* более 1 %: углерод (пигмент черный), бенз(а)пирен, бензол (циклогексатриен; фенилгидрид), хром / в пересчете на хрома (VI) оксид, хрома трехвалентные соединения / в пересчете на Cr (3+), формальдегид (муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид).

По результатам ранжирования веществ по индексу неканцерогенной опасности установлено, что более 97 % вклада в суммарное значение *HRI* в р.пос. Чегдомыне вносят 9 веществ: пыль неорганическая: SiO_2 20–70 %, углерод (пигмент черный), серы диоксид, азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота), марганец и его соединения / в пересчете на марганец (IV) оксид, азот (II) оксид (азот монооксид), углерода оксид (углерод окись; углерод монооксись; угарный газ).

В г. Комсомольске-на-Амуре 94,94 % вклада в суммарное значение HRI вносят 9 веществ: марганец и его соединения / в пересчете на марганец (IV) оксид, азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота), серы диоксид, цинк оксид / в пересчете на цинк, пыль хромово-цинкового катализатора (К-16), пыль неорганическая SiO_2 20–70 %, бенз(а)пирен, диЖелезо триоксид (железа оксид), азот (II) оксид (азот монооксид), при этом данные вещества обладают удельным вкладом более 1 % в суммарный объем выбросов.

По данным мониторинга качества атмосферного воздуха в р.пос. Чегдомыне отмечаются превышения ПДК 9 веществ: азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота), азот (II) оксид (азот монооксид), углерод (пигмент черный), серы диоксид, углерода оксид (углерод окись; углерод монооксись; угарный газ), формальдегид (муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид), взвешенные вещества, взвешенные частицы PM_{10}, взвешенные частицы $PM_{2.5}$. В г. Комсомольске-на-Амуре отмечались превышения ПДК 21 веществ: хром / в пересчете на хрома (VI) оксид, азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота), аммиак (азота гидрид), азот (II) оксид (азот монооксид), углерод (пигмент черный), серы диоксид, дигидросульфид (водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид), углерода оксид (углерод окись; углерод монооксись; угарный газ), смесь предельных углеводородов C_1H_4–C_5H_{12}, смесь предельных углеводородов C_6H_{14}–$C_{10}H_{22}$, бензол (циклогексатриен; фенил-

гидрид), диметилбензол (смесь о-, м-, п-изомеров) (метилтолуол), метилбензол (фенилметан), этилбензол (фенилэтан), хлорбензол (фенилхлорид), гидроксибензол (фенол) (оксибензол; фенилгидроксид; фениловый спирт; моногидроксибензол), формальдегид (муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид), метантиол (метилмеркаптан), бензин (нефтяной, малосернистый) / в пересчете на углерод, алканы С12–19 (в пересчете на С), взвешенные вещества.

На основе выполненного анализа определен перечень загрязняющих веществ для их последующего включения в программу исследований, проводимых в рамках социально-гигиенического мониторинга в части контроля качества атмосферного воздуха, в населенных пунктах Хабаровского края (табл. 1 и 2). Дополнительно в р.пос. Чегдомыне добавлен бенз(а)пирен как вещество, присутствующее в выбросах автономных источников теплоснабжения и пыль каменного угля как специфический показатель для населенного пункта.

Таблица 1

Перечень загрязняющих веществ для мониторинга качества атмосферного воздуха в р.пос. Чегдомыне

Код	CAS	Наименование вещества	Причина включения*
143	7439-96-5	Марганец и его соединения/в пересчете на марганец (IV) оксид	*HRI*
301	10102-44-0	Азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота)	*HRI*, В, М
304	10102-43-9	Азот (II) оксид (азот монооксид)	*HRI*, В, М
328	1333-86-4	Углерод (пигмент черный)	В, *HRIc*, М
330	7446-09-5	Сера диоксид	*HRI*, В, М
337	630-08-0	Углерода оксид (углерод окись; углерод монооксид; угарный газ)	*HRI*, В, М
703	50-32-8	Бенз(а)пирен	
1325	50-00-0	Формальдегид (муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	М
2902	-	Взвешенные вещества	М
2908	-	Пыль неорганическая: SiO_2 20–70 %	HRI, В
3749		Пыль каменного угля	
008	-	Взвешенные частицы PM_{10}	М
010	-	Взвешенные частицы $PM_{2.5}$	М

Примечание: *ВВ – по значению валового выброса, *HRI* – по индексу неканцерогенной опасности; HRIc – по индексу канцерогенной опасности, М – превышение ПДК по данным мониторинга качества атмосферного воздуха.

Таблица 2

Перечень загрязняющих веществ для мониторинга качества атмосферного воздуха в г. Комсомольске-на-Амуре

Код	CAS	Наименование вещества	Причина включения*
123	1309-37-1	диЖелезо триоксид, (железа оксид) / в пересчете на железо (железо сесквиоксид)	ВВ
143	-	Марганец и его соединения / в пересчете на марганец (IV) оксид	*HRI*
203	18540-29-9	Хром / в пересчете на хрома (VI) оксид	*HRIc*, М
207	1314-13-2	Цинк оксид / в пересчете на цинк	*HRI*
228	-	Хрома трехвалентные соединения / в пересчете на Cr (3+)	*HRIc*
301	10102-44-0	Азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота)	ВВ, М
303	7664-41-7	Аммиак (азота гидрид)	М

Окончание табл. 2

Код	CAS	Наименование вещества	Причина включения*
304	10102-43-9	Азот (II) оксид (азот монооксид)	ВВ, М
328	1333-86-4	Углерод (пигмент черный)	*HRIc*, ВВ, М
330	7446-09-5	Сера диоксид	ВВ, М
333	2148878	Дигидросульфид (водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид)	М
337	630-08-0	Углерода оксид (углерод окись; углерод монооокись; угарный газ)	ВВ, М
415	-	Смесь предельных углеводородов $C_1H_4 – C_5H_{12}$	ВВ, М
416	-	Смесь предельных углеводородов $C_6H_{14} – C_{10}H_{22}$	ВВ, М
602	71-43-2	Бензол (циклогексатриен; фенилгидрид)	*HRIc*, М
616	1330-20-7	Диметилбензол (смесь о-, м-, п- изомеров) (метилтолуол)	М
621	108-88-3	Метилбензол (фенилметан)	М
627	100-41-4	Этилбензол (фенилэтан)	*HRIc*, М
703	50-32-8	Бенз(а)пирен	*HRIc*
915	108-90-7	Хлорбензол (фенилхлорид)	М
1071	108-95-2	Гидроксибензол (фенол) (оксибензол; фенилгидроксид; фениловый спирт; моногидроксибензол)	М
1325	50-00-0	Формальдегид (муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	*HRIc*, М
1715	74-93-1	Метантиол (метилмеркаптан)	М
2704	8032-32-4	Бензин (нефтяной, малосернистый) /в пересчете на углерод/	М
2754	-	Алканы $C_{12–19}$	М
2902	-	Взвешенные вещества	ВВ, М
2908	-	Пыль неорганическая: SiO_2 20–70 %	ВВ

Примечание: *ВВ – по значению валового выброса, *HRI* – по индексу неканцерогенной опасности; *HRIc* – по индексу канцерогенной опасности, М – превышение ПДК по данным мониторинга качества атмосферного воздуха

Выводы. На основе результатов проводимого мониторинга качества атмосферного воздуха, а также выполненного ранжирования выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух населенных пунктов сформирован перечень загрязняющих веществ, подлежащих контролю в атмосферном воздухе в рамках проведения социально-гигиенического мониторинга в г. Комсомольске-на-Амуре (27 показателей) и р.пос. Чегдомыне (11 показателей) Хабаровского края. Полученные результаты могут быть использованы для оценки качества атмосферного воздуха в указанных населенных пунктах, в том числе в динамике, и применяться в работе Управления Роспотребнадзора по Хабаровскому краю с целью разработки управленческих решений, направленных на улучшение санитарно-эпидемиологической обстановки в части обеспечения качества атмосферного воздуха.

Список литературы

1. Методические подходы к выбору точек и программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга для задач федерального проекта «Чистый воздух» / Н.В. Зайцева, И.В. Май, С.В. Клейн, Д.В. Горяев // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 3. – С. 4–17.

2. Ключевые аспекты оценки результативности и эффективности реализации федерального проекта «Чистый воздух» на примере Комплексного плана мероприя-

тий по снижению выбросов загрязняющих веществ в городе Нижний Тагил / С.В. Ярушин, Д.В. Кузьмин, А.А. Шевчик, Т.М. Цепилова, В.Б. Гурвич, Д.Н. Козловских [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. – 2020. – № 9 (330). – С. 48–60.

3. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. Здоровье населения как целевая функция и критерий эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 4. – С. 4–13.

4. Ревич Б.А. Национальный проект «Чистый воздух» в контексте охраны здоровья населения // Экологический вестник России. – 2019. – № 4. – С. 64–69.

5. Попова А.Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиции сохранения здоровья нации // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – № 2 (251). – С. 4–7.

6. О ходе реализации федерального проекта «Чистый воздух» на территории г. Омска / А.С. Крига, С.В. Никитин, Е.Л. Овчинникова, О.В. Плотникова, А.С. Колчин, М.Н. Черкашина [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 4. – С. 31–45.

7. Научное обоснование приоритетных веществ, объектов квотирования и направлений действий по снижению аэрогенных рисков здоровью населения при реализации полномочий санитарной службы Российской Федерации / Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов, Д.В. Горяев // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 4. – С. 4–17.

8. Анализ риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной эпидемии неинфекционных заболеваний / В.Н., Ракитский С.Л. Авалиани, С.М. Новиков, Т.А. Шашина, Н.С. Додина [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 4. – С. 30–36.

9. Основные результаты выполненных проектов по оценке риска здоровью в ряде городов - участников федерального проекта «Чистый воздух» (Липецк, Череповец, Новокузнецк, Омск) / С.В., Кузьмин С.Л. Авалиани, Н.С. Додина, Т.А. Шашина, В.А. Кислицин, Н.Н. Рыжаков, Т.А. Погонина, Е.В. Лебедева // Анализ риска здоровью – 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Пермь: Издательство Пермского национального исследовательского университета, 2021. – Т. 1. – С. 331–338.

10. Карелин А.О., Еремин Г.Б. Проблемы и перспективы использования доказательной медицины в гигиене (систематический обзор) // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100 (8). – С. 750–754. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-750-754

11. Использование системы управления рисками для совершенствования санитарно-эпидемиологического контроля и надзора / А.О. Карелин, Г.Б. Еремин, И.В. Май, А.Ю. Ломтев, А.В. Киселев, Н.А. Мозжухина // Ученые записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. – 2015. – Т. 22, № 1. – С. 81–85.

12. Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Никонов В.А. Анализ долгосрочной динамики загрязнения атмосферного воздуха крупного промышленного города // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2014. – Т. 9, № 2. – С. 958–959.

Определение перечня загрязняющих веществ для проведения мониторинга качества атмосферного воздуха в г. Южно-Сахалинске

Д.С. Исаев[1], А.А. Ковшов[1,2], О.А. Фунтусова[3], И.А. Ефимов[3], А.В. Суханова[4]

[1]ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
[2]ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России,
г. Санкт-Петербург,
[3]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Сахалинской области,
[4]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Сахалинской области» Роспотребнадзора,
г. Южно-Сахалинск, Россия

В настоящем исследовании проведена оценка качества атмосферного воздуха в городе-участнике федерального проекта «Чистый воздух» – Южно-Сахалинске. Установлено 130 выбрасываемых веществ в атмосферный воздух, выполнено ранжирование загрязнителей, выбрасываемых промышленными предприятиями, по величинам валового выброса, индексов сравнительной канцерогенной и неканцерогенной опасности. На основе результатов исследования сформирован перечень загрязняющих веществ, подлежащих контролю в атмосферном воздухе в рамках проведения социально-гигиенического мониторинга, включающий в себя 13 показателей.

Результаты исследования могут быть использованы для оценки качества атмосферного воздуха, в том числе в динамике, и применяться в работе Управления Роспотребнадзора по Сахалинской области с целью разработки управленческих решений, направленных на улучшение санитарно-эпидемиологической ситуации в части обеспечения качества атмосферного воздуха.

Ключевые слова: качество атмосферного воздуха, ранжирование выбросов, социально-гигиенический мониторинг, федеральный проект «Чистый воздух», оценка риска здоровью населения.

В соответствии с Указом Президента № 474 от 14.07.2020 национальной целью развития Российской Федерации является создание комфортных условий для проживания граждан. Для достижения этой цели утвержден национальный проект «Экология», в рамках которого реализуется федеральный проект «Чистый воздух» (ФП «Чистый воздух»). Основной целью федерального проекта является снижение выбросов в городах-участниках проекта в два раза к 2030 г.[1]

[1] Паспорт национального проекта «Экология» / утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол № 16 от 24.12.2018 г. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_316096/ (дата обращения: 15.06.2023).

Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия, обусловленного качеством атмосферного воздуха в части соответствия гигиеническим нормативам, является приоритетной задачей Роспотребнадзора. Качество атмосферного воздуха будет зависеть не только от валового объема сокращаемых выбросов, но и от их компонентного состава, пространственного расположения источников выбросов [1]. Несмотря на то, что в задачи ФП «Чистый воздух» не входит снижение концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе до ПДК, улучшение состояния популяционного здоровья населения, ассоциированного с качеством атмосферного воздуха, без решения данного вопроса будет затруднено [2, 3], и сокращение валовых выбросов без учета рисков здоровью жителей может не оказать существенного влияния на условия жизни населения [4–6]. В связи с этим были разработаны алгоритмы определения перечня приоритетных загрязняющих веществ и квотируемых объектов, а также предложен единый алгоритм действий по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения [7–9].

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Сахалинской области» и Управление Роспотребнадзора по Сахалинской области участвуют в реализации мероприятий в рамках ФП «Чистый воздух» в г. Южно-Сахалинске Сахалинской области. В целях принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия населения нужно выполнить оценку качества атмосферного воздуха и анализ риска здоровью населения, основанных на актуальных и достоверных данных об объектах негативного воздействия на окружающую среду и мониторинге качества атмосферного воздуха [10–11].

В связи с этим необходимо проведение исследования по определению перечня веществ, которые могут представлять наибольшую опасность для населения при выбросе в атмосферный воздух [12] на территории г. Южно-Сахалинска.

Цель исследования – определение перечня веществ для организации мониторинга качества атмосферного воздуха в г. Южно-Сахалинске в рамках реализации ФП «Чистый воздух».

Материалы и методы. Проведена оценка качества атмосферного воздуха в городе-участнике федерального проекта «Чистый воздух» Южно-Сахалинске на основании данных о среднемноголетних концентрациях загрязняющих веществ по результатам мониторинга, выполняемого ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Сахалинской области» и департаментом Росгидромета по Дальневосточному федеральному округу.

На основе данных реестра объектов негативного воздействия на окружающую среду Росприроднадзора выполнено ранжирование загрязнителей, выбрасываемых промышленными предприятиями, по величинам валового выброса, индексов сравнительной канцерогенной и неканцерогенной опасности с последующим формированием перечня приоритетных загрязнителей по каждому городу-участнику федерального проекта.

Ранжирование выполнялось в соответствии с действующим руководством по оценке риска[2]. Критериями включения являлись:

[2] Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

♦ ранговое место по объемам валового выброса химических веществ, вклад в суммарный валовый выброс более 1 %;

♦ канцерогенная и неканцерогенная опасность химических веществ – 95 % вклада в суммарные индексы, вклад более 1 %;

♦ наличие превышений гигиенических нормативов в атмосферном воздухе по данным мониторинга за несколько лет (Росгидромет, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии»).

Для выявления наиболее опасных и вредных для здоровья населения загрязняющих веществ на этапе идентификации опасности использовался метод предварительного ранжирования потенциальных канцерогенов по величине суммарной годовой эмиссии и весового коэффициента канцерогенного эффекта (Wc), устанавливаемого в зависимости от значений фактора канцерогенного потенциала и группы канцерогенности по классификации МАИР или соответствующие им группы по классификации US EPA.

На рассматриваемом этапе процедуры оценки риска анализ проводился на качественном уровне, и получаемые величины ранговых индексов опасности использовались исключительно для взаимного сравнения и выявления приоритетных веществ, актуальных для изучаемой территории. В связи с этим при расчете индексов сравнительной канцерогенной и неканцерогенной опасности было учтено, что параметр *P* (численность популяции под воздействием) не влияет на значения $HRi_{\text{канц.}}$ и $HRi_{\text{неканц}}$, так как является величиной постоянной для всех химических веществ, присутствующих в выбросах предприятия, и условно принят равным «1».

Результаты. Согласно данным реестра объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду (ОНВОС I, II и III категории), расположенных на территориях г. Южно-Сахалинска, общее количество выбрасываемых веществ в атмосферный воздух – 130.

Результаты ранжирования веществ по величине валового выброса показали, что более 93 % составляют выбросы 7 веществ: метан – 33,18 %; углерода оксид (углерод окись; углерод монооксид; угарный газ) – 18,57 %; азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота) – 16,82 %; пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния (в %: 70–20 – шамот, цемент, пыль цементного производства: глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем и др.) – 13,53 %; серы диоксид – 4,39 %; азот (II) оксид (азот монооксид) (3,88 %); углерод (пигмент черный) – 3,41 %. Вклад остальных веществ в суммарный валовый выброс менее 1 %.

В составе заявленных выбросов предприятий в г. Южно-Сахалинске присутствуют 17 химических веществ, которые согласно руководству по оценке риска, СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» и классификации МАИР характеризуются канцерогенным действием на человека при ингаляционном пути поступления в организм и обладают фактором канцерогенного потенциала (*SFi*). Наибольший вклад в суммарное значение *HRIc* вносят бенз(а)пирен – 92,23 %, углерод (пигмент черный) – 7,31 %. Вклад в суммарный индекс канцерогенной опасности остальных веществ менее 1 %.

По результатам ранжирования веществ по индексу неканцерогенной опасности установлено, что более 90 % вклада в суммарное значение *HRI* вносят 6 веществ: бенз(а)пирен – 69 %, пентандиаль (глутардиальдегид, глутаровый

альдегид, 1,5-пентадиаль, глутараль, 1,3-диформальпропан, 1,5-пентадион) – 19,16 %; азота диоксид – 2,7 %; диметиламин – 2,53 %; пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния (в %: 70–20 – шамот, цемент, пыль цементного производства: глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем и другие) – 2,17 %. Вклад в суммарный индекс неканцерогенной опасности остальных веществ менее 1 %.

По данным мониторинга качества атмосферного воздуха в г. Южно-Сахалинске отмечаются превышения ПДК 7 веществ: азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота), углерод (пигмент черный), дигидросульфид (водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид), углерода оксид (углерод окись; углерод монокись; угарный газ), бенз(а)пирен, формальдегид (муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид), взвешенные вещества. Дигидросульфид (водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид) добавлен в перечень веществ с учетом наличия превышений гигиенических нормативов.

На основе выполненного анализа определен перечень загрязняющих веществ для их последующего включения в программу исследований, проводимых в рамках социально-гигиенического мониторинга в части контроля качества атмосферного воздуха г. Южно-Сахалинска (таблица).

Перечень загрязняющих веществ для мониторинга качества атмосферного воздуха в г. Южно-Сахалинске

Код	CAS	Наименование вещества	Причина включения*
301	10102-44-0	Азота диоксид	*HRI*, В, М
304	10102-43-9	Азот (II) оксид	В
328	1333-86-4	Углерод (сажа)	В, *HRIc*, М
330	7446-09-5	Сера диоксид	В
333	7783-06-4	Сероводород (дигидросульфид)	М
337	630-08-0	Углерода оксид	В, М
703	50-32-8	Бенз(а)пирен (бензапирен)	*HRIc*, М
1325	50-00-0	Формальдегид	*HRI*, М
1328	111-30-8	Пентандиаль	*HRI*
2902	-	Взвешенные вещества	*HRI*, М
008	-	Взвешенные частицы PM_{10}	М
010	-	Взвешенные частицы $PM_{2.5}$	М
2908	-	Пыль неорганическая: 70–20 % SiO_2	В, *HRI*

Примечание: *В – по значению валового выброса, *HRI* – по индексу неканцерогенной опасности; *HRIc* – по индексу канцерогенной опасности, М – превышение ПДК по данным мониторинга качества атмосферного воздуха

На основании превышения гигиенических нормативов для атмосферного воздуха показателя «взвешенные вещества», а также актуальности проблемы влияния мелкодисперсных частиц на здоровье населения [12, 13] добавлены показатели взвешенные частицы PM_{10}, взвешенные частицы $PM_{2.5}$ с целью выяснения фракционного состава пыли и наиболее достоверной оценки риска для здоровья населения.

В перечень показателей не включены вещества: метан – как малоопасное вещество, диметиламин – в связи с низким ранговым местом по валовому выбросу,

а также преимущественно выбрасываемый с одной площадки. Идентификация приоритетных веществ по валовому выбросу в рамках поселения связана с неопределенностями, например, не учитывается территориальное и высотное расположение источников выбросов, метеоусловия, а также удаленность жилой застройки. Наиболее достоверным критерием включения в перечень приоритетных веществ является наличие превышений нормативов в уже выполняющихся системах наблюдения за качеством атмосферного воздуха, однако и здесь необходимо учитывать расположение постов мониторинга относительно жилой застройки. Кроме того, при анализе такого объема данных необходимо ввести критерии исключения неприоритетных веществ.

Выводы. Сформирован перечень загрязняющих веществ, подлежащих контролю в атмосферном воздухе в рамках проведения социально-гигиенического мониторинга в г. Южно-Сахалинске. Результаты исследования могут быть использованы для оценки качества атмосферного воздуха, в том числе в динамике, и применяться в работе Управления Роспотребнадзора по Сахалинской области с целью разработки управленческих решений, направленных на улучшение санитарно-эпидемиологической ситуации в части обеспечения качества атмосферного воздуха.

Список литературы

1. Методические подходы к выбору точек и программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга для задач федерального проекта «Чистый воздух» / Н.В. Зайцева, И.В., Май С.В. Клейн, Д.В. Горяев // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 3. – С. –4–17.

2. Ключевые аспекты оценки результативности и эффективности реализации федерального проекта «Чистый воздух» на примере Комплексного плана мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в городе Нижний Тагил / С.В. Ярушин, Д.В. Кузьмин, А.А. Шевчик, Т.М. Цепилова, В.Б. Гурвич, Д.Н. Козловских [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. – 2020. – № 9 (330). – С. 48–60.

3. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. Здоровье населения как целевая функция и критерий эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 4. – С. 4–13.

4. Ревич Б.А. Национальный проект «Чистый воздух» в контексте охраны здоровья населения // Экологический вестник России. – 2019. – № 4. – С. 64–69.

5. Попова А.Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиции сохранения здоровья нации // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – № 2 (251). – С. 4–7.

6. О ходе реализации федерального проекта «Чистый воздух» на территории г. Омска / А.С. Крига, С.В. Никитин, Е.Л. Овчинникова, О.В. Плотникова, А.С. Колчин, М.Н. Черкашина [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 4. – С. 31–45.

7. Научное обоснование приоритетных веществ, объектов квотирования и направлений действий по снижению аэрогенных рисков здоровью населения при реализации полномочий санитарной службы Российской Федерации / Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов, Д.В. Горяев // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 4. – С. 4–17.

8. Анализ риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной эпидемии неинфекционных заболеваний / В.Н., Ракитский С.Л. Авалиани, С.М. Новиков, Т.А. Шашина, Н.С. Додина [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 4. – С. 30–36.

9. Основные результаты выполненных проектов по оценке риска здоровью в ряде городов - участников федерального проекта «Чистый воздух» (Липецк, Череповец, Новокузнецк, Омск) / С.В., Кузьмин С.Л. Авалиани, Н.С. Додина, Т.А. Шашина, В.А. Кислицин, Н.Н. Рыжаков, Т.А. Погонина, Е.В. Лебедева // Анализ риска здоровью – 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Пермь: Издательство Пермского национального исследовательского университета, 2021. – Т. 1. – С. 331–338.

10. Карелин А.О., Еремин Г.Б. Проблемы и перспективы использования доказательной медицины в гигиене (систематический обзор) // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100 (8). – С. 750–754. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-750-754

11. Использование системы управления рисками для совершенствования санитарно-эпидемиологического контроля и надзора / А.О. Карелин, Г.Б. Еремин, И.В. Май, А.Ю. Ломтев, А.В. Киселев, Н.А. Мозжухина // Ученые записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. – 2015. – Т. 22, № 1. – С. 81–85.

12. Количественное и качественное определение газов, образующихся на иловых площадках канализационно-очистных сооружений / С.Н. Носков, О.Л. Маркова, Г.Б. Еремин, Е.В. Зарицкая, Д.С. Исаев // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2022. – Т. 30, № 7. – С. 40–47. DOI: 10.35627/2219-5238/2022-30-7-40-47

13. Методические проблемы мониторинга мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе населенных мест / А.О. Карелин, А.Ю. Ломтев, Н.А. Мозжухина, Г.Б. Еремин, В.А. Никонов // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 10. – С. 985–988. DOI: 10.1882/0016-9900-2016-10-985-988

Исследование возможностей определения водорастворимых форм меди и цинка в аэрозолях воздуха

К.О. Гилева, А.Е. Николаева

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Мониторинг атмосферного воздуха является важным аспектом экологии, так как качество атмосферного воздуха напрямую влияет на здоровье людей и животных.

Актуальность работы обусловлена необходимостью совершенствования методов аналитических исследований загрязнения атмосферного воздуха с целью расширения диапа-

зонов определения концентраций меди и цинка в соответствии с современными гигиеническими требованиями, содержащимися в СанПиН 1.2.3685-21. Проведена оценка правильности результатов определения валового содержания меди и цинка в растворах контрольных образцов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Отработаны условия определения растворимых соединений меди и цинка.

Разработанная методика позволяет проводить селективное определение меди и цинка одновременно из одной пробы в широком диапазоне концентраций: для меди от 0,00001 до 5,0 мг/м^3; для цинка от 0,00005 до 5,0 мг/м^3. Указанный диапазон позволяет проводить измерения в соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685-21 в пределах величин менее 0,8 и не менее 10 ПДК с погрешностью измерений не более ± 20 % во всём диапазоне измеряемых концентраций, что соответствует требованиям ГОСТ 17.2.4.02.

Ключевые слова: атмосферный воздух, медь, цинк, водорастворимые формы, нерастворимые формы, пробоподготовка, масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой.

Проблема загрязнения атмосферного воздуха и его влияния на здоровье населения РФ требует решения на федеральном и региональном уровнях. В ходе реализации федерального проекта «Чистый воздух» за 2019–2021 гг. проанализированы итоги оценки риска неблагоприятного воздействия на здоровье населения. Для ряда территорий РФ характерны высокие уровни атмосферных загрязнений. Положительных результатов по управлению качеством атмосферного воздуха и снижению его негативного воздействия на здоровье можно добиться совершенствованием методического и аналитического обеспечения натурных исследований, определения приоритетных химических веществ и источников их поступления, а также установлению достоверных связей между загрязнением атмосферного воздуха и здоровьем населения [1, 2].

Выявлено, что различия в химических формах элементов в атмосферных взвесях связаны с различиями в источниках загрязнения атмосферного воздуха и различиями в поведении человека в течение года. Химическое фракционирование микроэлементов во взвешенных частицах воздуха методом последовательного выщелачивания может быть использовано для идентификации источников загрязнения атмосферы городов и промышленных территорий [3, 4].

Цинк и медь являются элементами, которые точно документируют последствия промышленного и муниципального загрязнения. Эти элементы обладают высокой миграционной способностью. Подвижность цинка и меди зависит от свойств как твердой фазы, так и раствора. В зоне выветривания в окислительных условиях легкая растворимость сульфатов цинка способствует интенсивной миграции этого металла, который становится одним из наиболее подвижных водных мигрантов. Снижение активности цинка является результатом образования металлоорганических комплексов. Подвижность меди значительно ниже; ее относят к малоподвижным элементам. В почвах медь прочно связана с органическим веществом и глинистыми минералами. Подвижность меди ограничивают также карбонаты, кремнезем, оксиды железа и марганца [5–9].

Данная работа является продолжением исследований лаборатории методов элементного анализа ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» по разработке методики определения измерений массовых концентрации меди и цинка в атмосферном воздухе [10].

Цель исследования – оценка правильности результатов определения валового содержания меди и цинка в растворах контрольных образцов методом масс-спектро-

метрия с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) и отработка условий определения растворимых и нерастворимых соединений данных металлов.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21, референтные концентрации при хроническом ингаляционном воздействии ($RfC_{хр}$) в соответствии с руководством Р 2.1.10.1920-04 приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование вещества, гигиенические нормативы

Наименование вещества	Предельно допустимая концентрация, мг/м^3			$RfC_{хр}$, мг/м^3	Растворимость*
	максимальная разовая	среднесуточная	среднегодовая		
Медь	–	–	–	0,00002	Н/Р
Медь дихлорид (в пересчете на медь)	0,003	0,001	–	0,00005	Р*
Медь оксид (в пересчете на медь)	–	0,002	0,00002	0,00002	Н/Р
Медь сульфат (в пересчете на медь)	0,003	0,001	–	0,00002	Р
Медь сульфит (в пересчете на медь)	0,003	0,001	–	0,00002	Н/Р
Медь хлорид (в пересчете на медь)	–	0,002	0,00005	0,00005	Н/Р
Цинк	–	–	–	0,0009	Н/Р
Цинк диацетат (в пересчете на цинк)	–	0,003	–	–	Р
Цинк динитрат (в пересчете на цинк)	–	0,003	–	–	Р
Цинк карбонат (в пересчете на цинк)	–	0,02	–	–	Н/Р
Цинк оксид (в пересчете на цинк)	–	0,05	0,035	0,035	Н/Р
Цинк сульфат (в пересчете на цинк)	–	0,008	–	0,0009	Р
Цинк сульфид (в пересчете на цинк)	–	–	–	0,01 (ОБУВ)	Н/Р
Цинк хлорид (в пересчете на цинк)	–	–	–	0,005 (ОБУВ)	Р

Примечание: * – Р – вещество хорошо растворимо в воде; Н/Р – вещество практически не растворимо в воде.

Количественное определение меди и цинка в пробах воздуха проводили методом ИСП-МС на приборе Agilent 7900 (Agilent Technologies, Сингапур) с октопольной реакционно-столкновительной ячейкой (ORS). Максимальная мощность генератора плазмы 1500 Вт. Пробы вводили с помощью двухканальной распылительной камеры Скотта при температуре 2 °С. Скорость подачи образца в распылительную камеру 0,4 мл/мин. Скорость работы детектора была ≥ 100 мкс на 1 ион. Для настройки использовался раствор Li, Mg, Y, Ce, Tl, Co в 2%-ной азотной кислоте с концентрацией 1 мкг/л для каждого элемента (Tuning Solution, США). Соотношения $^{140}Ce^{16}O^+/^{140}Ce^+$ составляли < 1,5 %, а для $^{140}Ce^{2+}$ / $^{140}Ce^+$ < 5 %. Использовали жидкий аргон высокой чистоты 99,99 % (ТУ-2114-005-00204760-99). Максимальная скорость потока аргона 15 л/мин, давление в канале подводки газа – 600 ± 20 кПа, $T_{плазмы}$ = 8000–10000 К. Рабочие стандартные градуировочные растворы готовили из многоэлементного стандартного раствора (Multi-element Calibration Standart 2A, США), содержащего 25 элементов с концентрацией 10 мг/л в 5%-ной

азотной кислоте. Для подготовки проб и приготовления градуировочных растворов использовали особо чистую азотную кислоту (Nitric acid 69 %, Sigma-Aldrich, США). Концентрации градуировочных растворов для определения меди и цинка составили 0,0; 0,1; 0,5; 1,0; 5,0; 10,0; 50; 0 мкг/л. Для приготовления растворов внутреннего стандарта (Internal Standard Mix, США) использовали комплексный стандартный раствор ^{72}Ge с концентрацией 10 мг/л в 5 % азотной кислоты.

Проведена оценка правильности результатов определения валового содержания меди и цинка в растворах контрольных образцов методом ИСП–МС. При сравнении различных способов пробоподготовки для фильтров АФА-ХП-20 и АФА-ХА-20 с контрольными образцами получены результаты, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Результаты анализа контрольных образцов с различными вариантами пробоподготовки (метод ИСП–МС), мкг/л

Ингредиент	Метод подготовки проб					
	Муфельная печь		Система разложения проб в термоблоке		Микроволновая система	
	Аттестованное значение					
	1,0	10,0	1,0	10,0	1,0	10,0
	Найдено					
Медь	0,98	10,16	1,10	10,4	1,02	10,5
	1,01	10,30	0,92	9,8	0,99	10,6
	1,19	10,05	0,90	10,3	1,08	10,1
	0,94	10,07	0,85	9,8	0,99	9,7
Цинк	0,80	10,08	–	9,3	1,2	10,3
	0,90	10,05	–	10,3	1,0	10,2
	1,06	10,30	–	9,2	0,9	9,95
	1,0	10,15	–	8,8	1,0	10,15

Для контрольного образца с концентрацией меди 1 мкг/л степень извлечения составляет 103, 94 и 102 % при использовании муфельной печи, термоблока и микроволновой системы. Достоверных различий не найдено, $p = 0{,}303$, 0,943 и 0,087. Доля извлечения меди для контрольного образца 10 мкг/л составила 101, 101 и 102 %. Достоверных различий также не установлено.

Для контрольного образца с концентрацией цинка 1 мкг/л степень извлечения составляет 94 и 103 % при использовании муфельной печи и микроволновой системы. Достоверных различий не найдено, $p = 0{,}356$. Доля извлечения цинка для контрольного образца 10 мкг/л составила 101, 94 и 102 %. Достоверных различий также не установлено ($p = 0{,}061$, 0,959 и 0,062).

В ходе эксперимента с контрольными образцами при использовании метода ИСП–МС удалось доказать эффективность трех вариантов пробоподготовки и снизить погрешность определения меди и цинка до 6 %.

Существуют специфические задачи контроля воздуха рабочей зоны конкретных предприятий, что сводится к идентификации соединений металлов [11]. В связи с этим представляло интерес исследование условия определения водорастворимых соединений меди и цинка.

Подготовка проб для определения растворимых соединений. Метод используют для фильтров типа АФА-ХА. Подготовку проб проводят с применением термоблока типа HotBlock или песчаной бани. При использовании термоблока фильтр помещают в пробирку, добавляют 10 $см^3$ деионизованной воды. Пробирку закрывают крышкой и выдерживают в термоблоке при температуре от 40 до 80 ºС в течение 30–60 мин. Затем содержимое охлаждают, экстракт переносят в пробирку вместимостью 15 $см^3$, пропуская через фильтр «белая лента», помещенный в воронку (для удаления нерастворенных частиц). Затем фильтр заливают 2–3 $см^3$ деионизированной воды, закрывают крышкой, встряхивают, отжимают и экстракт переносят в ту же пробирку через тот же фильтр «белая лента». Экстракт подкисляют, добавляя 0,1–0,2 $см^3$ концентрированной азотной кислоты. Объем доводят до 15 $см^3$ деионизованной водой.

При использовании песчаной бани фильтр помещают в стакан вместимостью 50 $см^3$, заливают 10 $см^3$ деионизированной воды, накрывают часовым стеклом. Устанавливают на песчаную баню, нагревают до начала кипения (появление первых пузырьков), оставляют на 50–60 мин без нагрева, периодически перемешивая. Дальше этапы пробоподготовки совпадают с подготовкой проб при использовании термоблока.

Подготовленные растворы направляют на измерение. Для этого в пробирку автоматического пробоотборника вносят 4,95 $см^3$ подготовленной пробы и вносят 0,05 $см^3$ внутреннего стандарта с массовой концентрацией элементов сравнения 100 $мкг/дм^3$.

Изучено влияние температуры и времени нагрева на степень извлечения водорастворимых солей меди и цинка (табл. 3). Установлено, что при смыве горячей дистиллированной водой степени извлечения солей меди достигали 90 %. Степени извлечения цинка составляли от 93,57 до 110,30 %, что, возможно, связано с инструментальными и методическими погрешностями измерений.

Таблица 3

Результаты анализа образцов фильтров АФА-ХА-20 с навеской растворимых солей Cu и Zn в термоблоке

Эксперимент	Степень извлечения соли, %				
	$CuSO_4•5H_2O$	$CuCl_2•2H_2O$	$Zn(CH_3O_2)_2•2H_2O$	$ZnSO_4•7H_2O$	$Zn(NO_3)_2•6H_2O$
Смыв	90,41	85,95	93,57	100,47	110,30
30 мин при 37 ºС	109,04	112,03	106,65	106,47	106,31
60 мин при 80 ºС	103,22	106,91	102,97	102,60	102,00

Запланированные исследования работ по разработке методики определения меди и цинка в атмосферном воздухе методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой завершены.

Диапазоны измерений определяемых элементов в воздухе и в растворах проб, массы используемых изотопов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Наименования определяемых элементов, массы изотопов, диапазоны измерений в воздухе и растворах проб, показатель точности методики измерений

Наименование определяемого элемента	Массы изотопов, используемых при измерении	Диапазон измерений в анализируемом растворе пробы, мкг/дм^3	Диапазон* измерений в воздухе, мг/м^3	Показатель точности методики измерений** (границы относительной погрешности при $P = 0{,}95$), $\pm \delta$, %
Медь	63	От 2 до 100 включ.	От 0,00001 до 5,0 включ.	20
Цинк	66	От 10 до 100 включ.	От 0,00005 до 5,0 включ.	

Примечание: * – с учетом дополнительного разбавления анализируемого раствора пробы; ** – с учетом показателя точности стадии отбора пробы (погрешность отбора проб не более ± 5 %).

Указанный диапазон позволяет проводить измерения в соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685-21 в пределах величин менее 0,8 и не менее 10 ПДК с погрешностью измерений не более ± 20 % во всём диапазоне измеряемых концентраций, что соответствует требованиям ГОСТ 17.2.4.02.

Список литературы

1. Воздействие атмосферных загрязнений на здоровье населения: диагностика, оценка и профилактика / С.В. Кузьмин, Н.С. Додина, Т.А. Шашина, В.А. Кислицин, М.А. Пинигин, О.В. Бударина // Гигиена и санитария. – 2022. – Т. 101, № 10. – С. 1145–1150.

2. Зайцева Н.В., Май И.В. Качество атмосферного воздуха и показатели риска здоровью как объективные критерии результативности воздухоохранной деятельности на территориях городов-участников федерального проекта «Чистый воздух» // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 1. – С. 4–12.

3. Al-Masri M.S., Al-Kharfan K., Al-Shamali K. Speciation of Pb, Cu and Zn determined by sequential extraction for identification of air pollution sources in Syria // Atmospheric Environment. – 2006. – Vol. 40 (4). – P. 753–761. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2005.10.008

4. Speciation of copper and zinc in size-fractionated atmospheric particulate matter using total reflection mode X-ray absorption near-edge structure spectrometry / J. Osán, F. Meirer, V. Groma, S. Török, D. Ingerle, C. Streli, G. Pepponi // Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy. – 2010. – Vol. 65 (12). – P. 1008–1013. DOI: 10.1016/j.sab.2010.11.002

5. Trace elemental analysis of airborne particulate matter using dynamic reaction cell inductively coupled plasma – mass spectrometry: Application to monitoring episodic industrial emission events / K.S.K. Danadurai, S. Chellam, C. Lee, M.P. Fraser // Analytica Chimica Acta. – 2011. – Vol. 686 (1-2). – P. 40–49. DOI: 10.1016/j.aca.2010.11.037

6. Zinc in House Dust: Speciation, Bioaccessibility, and Impact of Humidity / S. Beauchemin, P.E. Rasmussen, T. MacKinnon, M. Chénier, K. Boros // Environmental Science & Technology. – 2014. – Vol. 48 (16). – P. 9022–9029. DOI: 10.1021/es5018587

7. Single and Combined Exposure to Zinc- and Copper-Containing Welding Fumes Lead to Asymptomatic Systemic / A. Markert, R. Baumann, B. Gerhards, M. Gube, V. Kossack, T. Kraus, P. Brand // J Occup Environ Med. – 2016. – Vol. 58 (2). – P. 127–132. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000652

8. The effects of zinc- and copper-containing welding fumes on murine, rat and human precisioncut lung slices / J. Krabbe, A. Esser, S. Kanzler, T. Braunschweig, S. Kintsler, J. Spillner, T. Schröder, S. Kalverkamp, G. Balakirski, B. Gerhards, A.D. Rieg, T. Kraus, P. Brand, C. Martin // J Trace Elem Med Biol. – 2018. – Vol. 49. – P. 192–201. DOI: 10.1016/j.jtemb.2018.03.008

9. Медведев И.Ф., Деревягин С.С. Тяжелые металлы в экосистемах: монография. – Саратов, 2017. – 178 с.

10. Николаева А.Е., Гилева К.О., Недошитова А.В. Аналитические возможности спектральных методов при разработке методики определения меди и цинка в атмосферном воздухе // Анализ риска здоровью – 2023. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2023: материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участие. – Пермь, 2023. – Т. 1. – С. 360-367.

11. Циклическое инжекционное фотометрическое определение водорастворимых форм меди в аэрозолях воздуха / К.С. Фульмес, А.В. Булатов, Л.Н. Москвин, Ю.М. Дедков // Аналитика и контроль. − 2012. − Т. 16, № 3. − С. 275–280.

Сравнительная оценка методов пробоподготовки для химического анализа фурана и метилфурана в образцах пищевой продукции

Д.Ю. Субботина, Т.В. Нурисламова, Н.А. Попова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

В процессе исследований по отработке способа подготовки проб пищевой продукции к химическому анализу фурана и метилфурана использовали метод твердофазной экстракции (ТФЭ) и анализ равновесной паровой фазы (АРПФ). Разработана схема ТФЭ с учетом влияния природы растворителя, pH среды, наличия высаливающих реагентов, подбора оптимального картриджа. На первом этапе по разработке метода с помощью твердофазной экстракции не учитывали влияние матрицы. Все исследования выполнены на стандартных образцах фурана и метилфурана. Полнота экстракции составила 100 % для стандартных образцов. Второй этап заключался в разработке метода равновесного анализа паровой фазы. Установлено, что степень извлечения фурана и метилфурана достигнута при использовании АРПФ с учетом влияния матрицы для фурана 99,5 % и метилфурана 99,8 %.

Ключевые слова: хромато-масс-спектрометрический метод (ГХ/МС), детские каши, фуран (метилфуран), анализ равновесной паровой фазы (АРПФ), твердофазная экстракция (ТФЭ).

В настоящее время одним из приоритетных направлений пищевых технологий становится сохранение качества и обеспечение безопасности продуктов питания на всех стадиях производства. Химическая безопасность пищевых продуктов является темой, вызывающей растущее беспокойство как в Российской Федерации, так и в европейских странах [1]. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. ориентирована на обеспечение полноценного питания, профилактику заболеваний, увеличение продолжительности и повышение качества жизни населения.

В зарубежной литературе повышенное внимание уделяется определению фуранов и его производных в пищевых продуктах. Исследовательские группы и организации, в том числе Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA), Швейцарское федеральное управление общественного здравоохранения (SFOPH), начали исследовать образование, воздействие и токсичность фурана, обнаруживаемого в различных пищевых продуктах [2]. Фуран классифицирован как патоген для человека Национальной токсикологической программой [3]. В Российской Федерации контроль содержания фурана и метилфурана в пищевых продуктах не проводится из-за отсутствия методического обеспечения. В связи с этим актуальным на сегодняшний день является разработка новых современных высокочувствительных прецизионных методик обнаружения и количественного определения фурана и его производных в пищевой продукции.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись стандартные образцы фурана и метилфурана (массовая доля вещества 99 %) Sigma Aldrich (USA), безмолочные сухие каши для детского питания, картриджи Coconut Charcoal SPE Tubes 2g/6ml, Chromobond C18 6ml/500mg, Oasis HLB 6 cc/500 мг и схемы для пробоподготовки по определению фурана и метилфурана с помощью жидкостной экстракции и автоматической системы ТФЭ, растворители гексан Merck и гептан «Экос-1». Анализ образцов выполнен с помощью газового хроматографа Agilent 7890A (USA) с квадрупольным масс-спектрометрическим детектором (MCD) 5975C. Соединения фурана и метилфурана определены программным обеспечением Agilent Chemstation.

Анализ зарубежных источников показал, что методы обнаружения фуранов основаны на использовании твердофазной экстракции (ТФЭ) или парофазном анализе [4] газовой хроматографии-масс-спектрометрии (ГХ-МС) [5].

Важным этапом в анализе проб на содержание фуранов и его производных имеет пробоподготовка, в процессе которой анализируемые соединения максимально изолируются от сложного состава матрицы образца пищевой продукции. При разработке методики контроля токсичных соединений (фурана и метилфурана) в пищевой продукции использовано два аналитических подхода: современный метод пробоподготовки пищевой продукции к химическому анализу (твердофазная экстракция (ТФЭ)) и газохроматографический метод парофазного анализа (ГХ ПФА).

Метод экстракции с помощью автоматической системы твердофазной экстракции (ТФЭ). На этапе отработки способа подготовки образцов пищевой продукции к химическому анализу фурана и метилфурана использовали современный метод твердофазной экстракции (ТФЭ) автоматизированной многоканальной

системы Labtech Sepaths, который позволяет получить в чистом виде изучаемые соединения при выделении их из матрицы, что в дальнейшем дает возможность проводить идентификацию и количественное определение изучаемых аналитов хромато-масс-спектрометрическим методом.

Для эффективного извлечения фурана и метилфурана из матрицы образца пищевого продукта варьировали параметрами ТФЭ: состав адсорбента (различные картриджы), применение различных растворителей для элюирования фурана и метилфурана, условия оптимальной схемы элюирования.

На первом этапе исследования изучали природу растворителя с целью выбора полярности органического растворителя для дальнейшего изучения растворения фурана и метилфурана. Для исследования использовали растворители различной полярности. Эксперимент заключался в растворении фурана и метилфурана в гептане, гексане. В исследуемый образец органического растворителя 2 мл добавляли стандартный раствор фурана и метилфурана с концентрацией 1 мкг/мл (содержание фурана и метилфурана 2 мкг). Выполненные исследования показали, что высокая растворимость фурана и метилфурана достигается в гептане. Значения полноты растворения фурана и метилфурана с использованием стандартных образцов представлены в табл. 1.

Выполненные исследования показали, что оптимальным растворителем для экстракции фурана и метилфурана стандартного раствора является гептан. Полнота растворения составила 97,5 и 64 % соответственно.

Таблица 1

Средние значения полноты растворения фурана и метилфурана с использованием стандартных образцов в различных растворителях

Экстрагент	Фуран			Метилфуран		
	Введено, мкг	Найдено, мкг	Полнота растворения, %	Введено, мкг	Найдено, мкг	Полнота растворения, %
Гексан	2	1,9 ± 1,45	95	2	0,133 ± 0,015	7
Гептан	2	1,95 ± 1,54	97,5	2	1,285 ± 0,03	64

Второй этап исследования по отработке способа подготовки образцов каш заключался в выборе марки картриджа. Результаты по выбору картриджа с использованием стандартных образцов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Полнота экстракции фурана и метилфурана из стандартных образцов методом твердофазной экстракции с использованием различных картриджей

Картридж	Фуран, нг		Полнота экстракции, %	Метилфуран, нг		Полнота экстракции, %
	Введено	Найдено		Введено	Найдено	
Chromobond C18 6ml/500mg	2	1,90	95	2	1,92	96
Coconut Charcoal SPE Tubes, 2 g/6ml		1,46	73		2,34	100
Oasis HLB 6 cc/500 мг		1,92	96		1,76	88

Анализ полученных результатов (табл. 2) показал, что высокая полнота экстракции фурана и метилфурана из стандартных образцов достигнута с использованием картриджа Chromobond C18 6ml/500mg для фурана 95 % и метилфурана 96 %.

Отработаны оптимальные условия и параметры пробоподготовки и схемы элюирования фурана и метилфурана методом твердофазной экстракции: картридж Chromobond C18 6 мл/500 мг.

Оптимальная схема элюирования:

1. Стадия кондиционирования объемом 5 мл в течение 3 с, этилацетатом объемом 5 мл в течение 3 с гептаном с целью активации картриджа.

2. Стадия загрузки 100 мл образца на картридж.

3. Сушка картриджа в течение 20 мин.

4. Элюирование целевых аналитов с картриджа гептаном 3 мл.

Химический анализ полученного элюата на содержание фурана и метилфурана выполнен методом хромато-масс-спектрометрии.

Следующий этап исследования заключался в отработке условий дистилляции стандартных образцов с последующей сорбцией на картридж Chromobond C18. Для увеличения полноты экстракции аналитов, стандартного образца фурана и метилфурана применяли метод дистилляции с перегретым водяным паром. Стандартный раствор объемом 100 $см^3$ помещали в колбу для отгона, добавляли высаливающие реагенты и варьировали pH. Полученные элюаты анализировали на газовом хроматографе с масс-селективным детектором. Полученные результаты исследований полноты извлечения фуранов из стандартных образцов выполнены методом «введено – найдено» с применением оптимальной схемы экстракции, представлены в табл. 3.

В совокупности использование дистилляции с оптимальной схемой элюирования и концентрирование дистиллята на картридж Chromobond C18 позволили достичь высокой полноты извлечения фурана и метилфурана из стандартного образца (100 %). На этапе отработки способа подготовки стандартных образцов фурана, метилфурана с использованием метода ТФЭ и исследования проводили без учета влияния матрицы.

Таблица 3

Полнота экстракции фурана и метилфурана из проб каш

pH	Фуран, нг		Полнота экстракции, %	Метилфуран, нг		Полнота экстракции, %
	Введено	Найдено		Введено	Найдено	
Высаливающие реагенты + H_2SO_4	2	2,48	100	2	2,38	100
Щелочная среда		1,98	99		2,30	100

Метод подготовки образца пищевой продукции для анализа фурана и метилфурана газохроматографическим методом парофазного анализа (ГХ ПФА). Определение фурана и метилфурана остается сложной аналитической задачей из-за их высокой летучести, низкой молекулярной массы, а также их присутствие в небольших концентрациях в пищевых продуктах. В дальнейших ис-

следованиях для определения этих соединений в пищевой продукции применяли газохроматографический метод равновесной паровой фазы АРПФ/ГХ. Высокая чувствительность газохроматографического детектирования позволяет определять с помощью газовой экстракции даже микропримеси летучих веществ, содержащихся в жидких или твердых объектах, при очень низкой доле извлеченного вещества.

Управляя параметрами гетерогенной системы жидкость–газ, можно оптимизировать аналитические возможности метода и снизить погрешности анализа. К таким параметрам относят температуру, при которой происходит распределение вещества между двумя фазами и время экстракции [6]. В исследовании изучали температуру и время экстракции фурана и метилфурана из образца каши на чувствительность парофазного анализа.

На этапе отработки способа пробоподготовки пищевой продукции к химическому анализу методом АРПФ/ГХ изучали полноту экстракции в зависимости от времени нагрева пробы и температуры. Для этого во флакон объемом 20 $см^3$ помещали 5 г каши и добавляли стандартный раствор. Флакон закрывали септой и алюминиевой крышкой с помощью кримпера и ставили в дозатор равновесного пара. По истечении 15–20–30 мин отбирали шприцем из флакона 1 $см^3$ парогазовой фазы и через испаритель вводили ее в колонку хроматографа и анализировали на газовом хроматографе с масс-селективным детектором. Результаты полноты экстракции фурана и метилфурана из образца пищевой продукции методом АРПФ представлены в табл. 4.

В процессе исследований (табл. 4) выявлено, что наибольшая полнота экстракции фурана и метилфурана из образцов пищевой продукции методом АРПФ/ГХ составила для фурана 99,6 % и метилфурана 99,5 % при времени нагрева 20 мин.

Таблица 4

Средние значения полноты экстракции фурана и метилфурана из образцов пищевой продукции с использованием нагрева при различном времени экстракции

Параметр	Фуран			Метилфуран		
	Введено, нг	Найдено, нг	Полнота экстракции, %	Введено, нг	Найдено, нг	Полнота экстракции, %
Температура нагрева пробы в ДРП, °С						
90	46,8	37,8 ± 7,56	80,76	46,8	42,4 ± 8,48	90,59
80		45,3 ± 9,06	96,8		45,7 ± 9,14	97,6
Время нагрева пробы, мин						
10	93,7	92,92 ± 18,58	99,20	93,7	93,07 ± 18,6	99,30
20		93,40 ± 18,68	99,60		93,53 ± 18,7	99,50
30		78,85 ± 15,77	84,15		93,6 ± 18,72	99,24

Для определения фурана и метилфурана в пищевой продукции (детские каши на основе зерна) отработали параметры двух современных методов пробоподготовки и провели дальнейший анализ эффективности: разделение токсичных соединений с комбинацией селективного удерживания целевых компонентов и селективного элюирования (твердофазная экстракция ТФЭ) и анализ равновесной паровой фазы (АРПФ/ГХ) (табл. 5).

Таблица 5

Сравнительная оценка способа пробоподготовки

Способ подготовки пробы	Параметры для подготовки пробы		Подготовка пробы	Степень извлечения, %	
	картридж	растворитель		Фуран	Метилфуран
Твердофазная экстракция (ТФЭ)	Chromobond	гептан, вода, этилацетат	дистилляция, ТФЭ	100	100
Анализ равновесной паровой фазы	Температура, ºС	Время, мин	парофазная экстракция	99,5	99,8
	80	20			

Результаты сравнительной оценки показали, что современный метод ТФЭ с применением оптимальной схемы элюирования и картриджа Chromobond C18 позволил достичь степень извлечения целевых аналитов стандартных образцов 100 %. Вместе с тем, учитывая физико-химические свойства фурана и метилфурана (летучесть, низкую молекулярную массу), способ подготовки проб пищевой продукции к химическому анализу равновесной паровой фазы является более приемлемым, так как он открывает широкие возможности обнаружения даже микропримеси летучих компонентов. По результатам исследования степень извлечения компонентов из матрицы при АРПФ/ГХ достигает для фурана 99,6 % и метилфурана 99,5 %, что делает его эффективным, быстрым, чувствительным методом определения высоколетучих соединений.

Список литературы

1. Pre-concentration of ultra-trace furan in beverage samples and its determination by high performance liquid chromatography / H.S. Kalal, A.R. Khanchi, [et al.] // International Journal of Industrial Chemistry. – 2012. – Vol. 3, № 19. – P. 1–6.

2. Determination of furan and its derivatives in preserved dried fruitsand roasted nuts marketed in China using an optimized HS-SPME GC/MS method / Z. Batool, L. Li [et al.] // European Food Research and Technology. – 2020. – Vol. 246. – P. 2065.

3. National Toxicology Program (2014). Report on carcinogens, 13th edn. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Research Triangle Park, NC [Электронный ресурс]. – URL: https://ntp.niehs.nih.gov/sites/default/files/ntp/roc/content/profiles/furan.pdf

4. Zoller O., Sager F., Reinhard H. Furan in food: Headspace method and product survey // Food Additives & Contaminants. – 2007. – Vol. 24. – P. 91.

5 Condurso C., Cincotta F., Verzera A. Determination of furan and furan derivatives in baby food // Food Chemistry. – 2018. – Vol. 250. – P. 155–161.

6. Витенберг А.Г. Равновесная модель в описании процессов газовой экстракции и парофазного анализа // Журнал аналитической химии. – 2003. – Т. 58, № 1. – С. 6–12.

Определение бериллия в биологических средах. Обзор литературы

Е.А. Сухих, А.В. Недошитова, Е.В. Стенно

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Совершенствование методик измерений массовых концентраций бериллия в биосредах человека представляет собой важную, высокотехнологичную и актуальную задачу, так как для него характерны низкие массовые концентрации. Используемый в РФ МУК 4.1.1483-03 позволяет определять бериллий в диапазонах от 0,001 до 1,0 мкг/г с относительной погрешностью ($P = 0,95$) от 40 до 20 %. Однако чувствительность измерений по данной методике не обеспечивает определение бериллия в крови и моче на уровне безопасного для здоровья содержания. Для корректного определения содержания бериллия в крови и моче необходимо повысить чувствительность измерений в 5–10 раз. Для этого могут потребоваться условия подготовки проб, которые не предусмотрены данной методикой.

Представлен обзор научных публикаций, посвященных определению бериллия в биологических средах различными аналитическими методами.

Ключевые слова: бериллий, валидация, кровь, моча, пробоподготовка, масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой.

В современном мире изучение роли микроэлементов в организме человека является актуальной задачей [1]. До настоящего времени четкое представление о конкретной физиологической значимости многих микроэлементов и о количественном содержании их в различных биосредах организма в норме и патологии отсутствует, а существующие данные слабо систематизированы [2]. Для оценки токсического влияния элементов на организм необходимы достоверные методики элементов в различных биологических средах [3]. Биологические жидкости имеют сложный матричный состав, который не позволяет исключить из процедуры анализа стадию подготовки проб [4]. Особенно условия пробоподготовки важны для ультрамикроэлементов. К этой группе относятся Se, Co, V, Cr, As, Ni, Li, Ba, Ti, Ag, Sn, Ga, Ge, Hg, Sc, Zr, Bi, Sb, U, Th, Rh и Be. Бериллий является самым легким щелочноземельным металлом, имеет серебристо-белый цвет [5]. С медико-биологической точки зрения бериллий относится к токсичным, канцерогенным и мутагенным элементам. Его используют в сплавах с медью и никелем для увеличения их тепло- и электропроводности, применяют в атомной, авиационной, электронной, силикатной, космической промышленности [5].

В организм человека бериллий поступает как с пищей, так и через легкие. Локализуется в основном в печени, лимфатических узлах, легких, миокарде, костях. Более 90 % бериллия выводится из организма с мочой [5]. По данным исследований А.В. Скального и др. [5] у здоровых людей бериллий постоянно содержится в крови, костной и мышечной ткани в концентрациях 0,001–0,003 мкг/л. Бериллий только при высоких концентрациях вызывает различную патологию органов и систем организма [2]. Повышенный уровень бериллия встречается при контакте с этим элементом на производстве, в результате развивается хроническая болезнь – бериллиоз – ослабле-

ние и разрушение костной ткани. Основные заболевания, проявляющиеся при избытке бериллия, – фиброз, саркоидоз, экземы, дерматозы, раздражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей, эрозии, развитие опухолей, аутоиммунных процессов, нарушение функций миокарда, печени [5]. Однако на сегодняшний день не выявлены токсические и летальные дозы бериллия для человека [6]. Установлены референтные значения в крови и моче, которые представлены в табл. 1 [7–9].

Таблица 1

Референтные значения бериллия в биологических средах (кровь, моча)

Биологическая среда	Концентрация мкг/л	Источник
Цельная кровь	< 0,075–0,278	7
Цельная кровь	< 0,015–0,033	9
Цельная кровь	0,02–0,09	23
Моча	< 0,031–0,041	8
Моча	< 0,01–0,018	9
Моча	0,008–0,042	23

Уровень содержания бериллия в биологических средах человека является важнейшим маркером воздействия, элементом доказательной базы экспозиции. В связи с этим необходимы селективные и высокочувствительные методики измерения бериллия [3].

Важным элементом при выборе анализа является выбор рациональной схемы анализа, который учитывает чувствительность методов, точность, скорость, селективность [10]. Для изучения элементного состава биологических жидкостей широкое применение находят спектральные методы [5, 4]. В первую очередь, это масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой ИСП-МС, атомно-абсорбционная спектрометрия ААС в разных модификациях, атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой ИСП-АЭС, рентгенофлюоресцентный анализ РФА. Реже используют инверсионную вольтамперометрию ИВА и нейтронно-активационный анализ НАА [4]. Перечисленные методы, кроме РФА и НАА, используют для определения микроэлементов в крови и моче как с предварительным разложением пробы, так и без него [4]. В лаборатории методов элементного анализа ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» разработаны МУК 4.1.3230-14 [11] и МУК 4.1.3161-14 [12] по определению химических элементов в крови и моче, но данные методики не включают определение бериллия. Существующие методики в РФ МУК 4.1.1483-03 [13] и МУК 4.1.1482-03 [14] включают определение бериллия, но не обозначают безопасного для здоровья уровня его содержания в крови и моче. Как следствие, для корректного определения содержания бериллия в крови и моче необходимо повысить чувствительность измерений в 5–10 раз. Для этого могут потребоваться условия подготовки проб, которые не предусмотрены данными методиками.

Самым главным этапом в анализе является процесс разложения пробы [4]. Н.Б. Иваненко в своих исследованиях [3, 15] использовала атомно-абсорбционый метод с электротермической атомизацией и Зеемановской модуляционной поляризационной коррекцией фона. При таком методе анализ пробы можно проводить без разложения. Прямое определение исключает загрязнения, сокращает время анализа и минимизирует потери [4]. Образцы крови разбавляли в 5 раз деионизованной водой. В атомизатор с платформой Львова вводили 10 мкл разбавленной пробы [3, 15]. ААС-ЭТА – широко

распространенный метод, но при определении бериллия существуют ограничение его применения в связи с пределом обнаружения элемента (0,008–0,06 мкг/л) [3].

В работе И.Ф. Серегиной с соавт. [1] для определения бериллия в крови и моче был использован метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с динамической ячейкой. Данный метод имеет преимущества: многоэлементность, низкие пределы обнаружения, малое время анализа [1]. Метод ИСП-МС имеет спектральные и матричные воздействия при анализе проб сложного состава, из-за этого повышается нижняя граница определяемых концентраций и осложняется правильность определения элементов в биологических средах. Отсюда следует, что для образцов крови необходима полная минерализация. В исследовании И.Ф. Серегиной для разложения проб крови применяли HNO_3, $HClO_4$, H_2O_2. После минерализации разбавляли в 15 раз. Однако для мочи установлено, что ее можно анализировать без минерализации. Перед измерением пробу разбавляли в 10 раз деионизованной водой [1].

В работе P. Heitland et al. [16] проанализированы образцы крови у 130 индивидов методом ИСП-МС с октопольной ячейкой. Авторы разбавляли пробу крови раствором Triton-X-100 и аммиака для стабилизации образующейся эмульсии. В исследуемых пробах концентрация бериллия ниже пределов обнаружения (0,008 мкг/л). Этим же методом проанализированы пробы мочи [17, 18]. Перед разбавлением пробы мочи встряхивали. 1 мл образца окисляли 0,1 мл HNO_3, добавляли 0,5 мл внутреннего стандартного раствора. Затем в этот раствор добавляли 3,94 мл деионизованной воды. Пробы гомогенизировались на магнитной мешалке. Применяемый метод показал, что в 28 % проб мочи концентрация бериллия ниже предела обнаружения (LOQ = 0,014 мкг/л). Выявлено максимальное значение 0,028 мкг/л [17]. Для введения образца использовали распылитель Бабингтон с камерой Скотта [18].

В других работах [19, 20] используются микроволновое разложение образцов крови. Минерализация происходит при высоких температурах и давлениях внутри сосудов, что приводит к увеличению скорости реакции. В данных работах к образцам крови добавляли по 2 мл HNO_3, затем подвергали к микроволновому разложению в три этапа: 1) в течение ночи при комнатной температуре; 2) нагрев до 80 °С в течение часа; 3) нагрев 80 °С в течение 5 ч [20]. Затем пробы разбавляли в деионизованной воде [19]. Для образцов мочи использовано прямое определение при добавлении 1 % HNO_3 при разведении 1:5 [20].

Илья Родушкин [9] определяет бериллий в крови ИСП-МС с двойной фокусировкой. Данный метод позволяет преодолевать значительную часть спектральных помех, имеет более низкий инструментальный фон и высокую иммунную передачу, что приводит к более низким пределам обнаружения. На этапе пробоподготовки используют микроволновое разложение в малообъемных пробирках. Затем пробы в 10 раз разбавляли [9, 21]. Пробы мочи подготавливают простым разведением в 10 раз в деионизованной воде и HNO_3 [9].

В работе J.P. Goullé et al. [22] применяется метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Образцы цельной крови и мочи (по 0,4 мл) разбавляли очищенной водой, азотной кислотой и Triton-X-100.

Исследователем J. Morton [23] было использовано 6 аналитических методов, в которых оптимизирована подготовка образцов мочи и приведены настройки прибора для анализа. При определении бериллия пробу мочи разбавляли в 10 раз, внутренний стандарт – ^{72}Ge, калибровка 0,002–0,2 мкг/л [23].

В табл. 2 представлены методики определения бериллия в биосредах.

Таблица 2

Методики определения бериллия в биологических жидкостях

№ п/п	Объект анализа	Условия разложения/разбавления	Метод анализа	Метрологические характеристики	Источник
1	Волосы, ногти, кровь, плазма, моча	Кислотное растворение $HNO_{3конц}$. Разбавление в 10 раз 0,5 % HNO_3	ИСП-МС	Диапазон содержаний: 0,001–0,01 мкг/г (δ = 40 %); 0,01–0,1 мкг/г (δ = 20 %); 0,1–1,0 мкг/г (δ = 20 %)	13
		Разбавление 2–3 % HNO_3. Разбавление пробы не ниже, чем 1:100			
		Микроволновое разложение $HNO_{3конц}$. Разбавление в 10 раз 0,5 % HNO_3			
2	Волосы, ногти, кровь, плазма, моча	Кислотное растворение $HNO_{3конц}$. Разбавление в 10 раз 0,5 % HNO_3	ИСП-АЭС	Диапазон содержаний: 0,01–0,1 мкг/г (δ = 65 %); 0,1–1,0 мкг/г (δ = 40 %); 1,0–10 мкг/г (δ = 20 %)	14
		Разбавление 2–3 % HNO_3. Разбавление пробы не ниже, чем 1:100			
		Микроволновое разложение $HNO_{3конц}$. Разбавление в 10 раз 0,5 % HNO_3			
3	Кровь	Разбавление в 10 раз. 0,5 мл пробы крови + раствор: 0,1 мл Triton-X-100+0,5 мл ВС+3,9 мл 0,5 % NH_4OH	ИСП-МС	Средняя концентрация < 0,008 мкг/л; Диапазон < 0,008–0,04 мкг/л; % < *LOQ* 84	16
4	Моча	Разбавление в 5 раз 1 % HNO_3	ИСП-МС	*LOQ* 0,014 мкг/л Диапазон концентраций *LOQ*–0,028 мкг/л Средняя концентрация 0,009 мкг/л	17
5	Кровь	Разбавление в 10 раз. 0,4 мл пробы крови + раствор: 3,5 мл (0,1 % Тритон-Х-100 + HNO_3) + 0,1 мл стандартная добавка. Центрифугирование после гемолиза	ИСП-МС	*LOD* 0,042 мкг/л; *LOQ* 0,14 мкг/л	22
	Моча	Разбавление в 10 раз. 0,4 мл пробы мочи + 3,6 мл HNO_3		*LOD* 0,015 мкг/л; *LOQ* 0,05 мкг/л	
6	Моча	Разбавление в 10 раз 1 % HNO_3	ИСП-МС	Me 0,0052 мкг/л; *LOQ* 0,0006 мкг/л; % < LOQ 3	23
7	Кровь, моча	Микроволновое разложение с помощью HNO_3. Разбавление в 15 раз деионизованной водой	ИСП-МС	*LOD* в пробах крови 0,03 мкг/л; *LOD* в пробах мочи 0,02 мкг/л	20
8	Моча	Разбавление в 10 раз деионизованной водой и HNO_3	ИСП-МС	< 0,01–0,018 мкг/л	9
	Кровь	Микроволновое разложение. Разбавление в 10 раз деионизованной водой и HNO_3		< 0,015–0,033 мкг/л	
9	Кровь	Микроволновое разложение. Разбавление в 15 раз деионизованной водой	ИСП-МС	Концентрации бериллия 0,053 мкг/л	19
10	Моча	Разбавить деионизованной водой в 10 раз	ИСП-МС	Нет данных	1
	Кровь	Минерализация пробы смесью HNO_3, $HClO_4$, H_2O_2. Разбавление в 15 раз деионизованной водой	ИСП-МС	Концентрация бериллия 0,0017–0,0022 мкг/л	

Выводы. Анализ литературных данных показал, что для определения бериллия в биологических средах используют атомно-абсорбционную спектрометрию, атомно-эмиссионную спектрометрию с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой. Атомно-абсорбционный и атомно-эмиссионный методы позволяют определять только высокие дозы бериллия, которые получены при интоксикации организма. Наиболее надежным методом является масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Главным его преимуществом является высокая чувствительность, что позволяет определять концентрации бериллия в крови и моче на уровне референтных. Для мочи возможен прямой анализ (разведение пробы мочи деионизованной водой в 5 или 10 раз), в случае крови простое разведение приводит к засорению устройств для ввода пробы и нестабильности сигнала. Поэтому для устранения матричных влияний при анализе необходима полная минерализация пробы крови.

Список литературы

1. Определение химических элементов в биологических жидкостях и диагностических субстратах детей методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой / И.Ф. Серегина, С.Ю. Ланская, Окина О.И., Большов М.А. [и др.]. // Журнал аналитической химии. – 2010. – Т. 65, № 9. – С. 986–994.

2. Федоров В.И. К проблеме определения микроэлементов в сыворотке крови человека // Аналитика и контроль. – 2005. – № 4. – С. 358–366.

3. Определение бериллия и никеля в крови атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией и Зеемановской модуляционной поляризационной коррекцией фона / Н.Б., Иваненко А.А. Иваненко, Е.Б. Носова, Н.Д. Соловьев // Вестник Санкт-Петербургского университета. Физика. Химия. – 2011. – № 3. – С. 96–102.

4. Определение микроэлементов в биологических жидкостях / Н.Б. Иваненко, А.А. Ганеев, Н.Д. Соловьев, Л.Н. Москвин // Журнал аналитической химии. – 2011. – Т. 66, № 9. – С. 900–915.

5. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. – М.: Издательский дом «Оникс», 2004. – 272 с.

6. Барашков Г.К. Медицинская бионеорганика. – М.: Бином, 2011. – 512 с.

7. Rodushkin I., Ödman F., Branth S. Multielement analysis of whole blood by high resolution inductively coupled plasma mass spectrometry // Fresenius' journal of analytical chemistry. – 1999. – Vol. 364. – P. 338–346.

8. Rodushkin I., Ödman F. Application of inductively coupled plasma sector field mass spectrometry for elemental analysis of urine // Journal of trace elements in medicine and biology. – 2001. – Vol. 14, № 4. – P. 241–247.

9. Multi-element analysis of body fluids by double-focusing ICP-MS / I. Rodushkin, F. Ödman, R. Olofsson, E. Burman, M. Axelsson // Recent research developments in pure & applied chemistry. – 2001. – Vol. 5. – P. 51–66.

10. Лисецкая Л.Г. Методологические вопросы анализа микроэлементов в биосредах // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2005. – № 1. – С. 168–173.

11. МУК 4.1.3230-14. Определение химических соединений и элементов в биологических средах: Сборник методических указаний. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзор, 2015. – 168 с.

12. МУК 4.1.3161-14. Измерение массовых концентраций свинца, кадмия, мышьяка в крови методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой: методические указания. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014. – 23 с.

13. МУК 4.1.1483-03. Методы контроля. Химические факторы. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой. – М.: Минздрав России, 2003. – 56 с.

14. МУК 4.1.1482-03. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой: методические указания. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 56 с.

15. Определение Al, Be, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb, Se и Tl в цельной крови без предварительного разложения методом атомно-абсорбционной спектрометрии / Н.Б. Иваненко, А.А. Иваненко, Н.Д. Соловьев, Д.В. Наволоцкий, О.В. Павлова, А.А. Ганеев // Биомедицинская химия. – 2014. – Т. 60, № 3. – С. 378–388.

16. Heitland P., Köster H.D. Biomonitoring of 37 trace elements in blood samples from inhabitants of northern Germany by ICP–MS // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2006. – Vol. 20, № 4. – P. 253–262.

17. Heitland P., Köster H.D. Fast, simple and reliable routine determination of 23 elements in urine by ICP-MS // Journal of Analytical Atomic Spectrometry. – 2004. – T. 19, № 12. – P. 1552–1558.

18. Heitland P., Köster H.D. Biomonitoring of 30 trace elements in urine of children and adults by ICP-MS // Clinica Chimica Acta. – 2006. – Vol. 365, № 1–2. – P. 310–318.

19. Human biomonitoring for metals in Italian urban adolescents: data from Latium Region / A. Pino, A. Amato, A. Alimonti, D. Mattei, B. Bocca // International journal of hygiene and environmental health. – 2012. – Vol. 215, № 2. – P. 185–190.

20. Development of methods for the quantification of essential and toxic elements in human biomonitoring / B. Bocca, G. Forte, F. Petrucci, O.Senofonte, N. Violante, A. Alimonti // Annali-Istituto Superiore Di Sanita. – 2005. – Vol. 41, № 2. – P. 165.

21. Determination of 60 elements in whole blood by sector field inductively coupled plasma mass spectrometry / I. Rodushkin [et al.] // Journal of Analytical Atomic Spectrometry. – 2000. – Vol. 15, № 8. – P. 937–944.

22. Metal and metalloid multi-elementary ICP-MS validation in whole blood, plasma, urine and hair: Reference values / J.P. Goullé [et al.] // Forensic science international. – 2005. – Vol. 153, № 1. – P. 39–44.

23. Determination of 61 elements in urine samples collected from a non-occupationally exposed UK adult population / J. Morton [et al.] // Toxicology letters. – 2014. – Vol. 231, № 2. – P. 179–193.

Определение содержания металлов в атмосферном воздухе в районе металлообрабатывающего производства

Е.В. Чекмизова, С.В. Агафонов, В.А. Чекмизов, С.В. Райкова

Саратовский медицинский научный центр гигиены
ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Саратов, Россия

При определении концентраций металлов в атмосферном воздухе в районе металлообрабатывающего производства было установлено, что металлообрабатывающее производство может являться дополнительным источником алюминия и железа в атмосферном воздухе.

Ключевые слова: атмосферный воздух, металлы поллютанты, металлообрабатывающее производство.

Развитие промышленного комплекса, урбанизация и индустриализация сопровождаются загрязнением атмосферного воздуха, которое в настоящее время признается глобальной экологической угрозой [1]. Последствия для здоровья человека, обусловленные воздействием поллютантов атмосферного воздуха, являются серьезной проблемой медицинского сообщества [2]. Из-за низких концентраций содержания металлов в атмосферном воздухе и сложностями их обнаружения контроль над ними осуществляется недостаточно полно [3]. Источниками загрязнения атмосферного воздуха металлами могут являться различные промышленные предприятия, в том числе металлообрабатывающее производство.

Цель исследования – определение содержания металлов в атмосферном воздухе в районе металлообрабатывающего производства.

Материалы и методы. Пробоотборы атмосферного воздуха проводили у границ промышленной территории металлообрабатывающего производства г. Саратова с учетом направления ветра. Контрольная точка отбора (КТ) располагалась с наветренной стороны, исследовательские точки (ИТ 1, 2, 3) с подветренной стороны.

Содержание металлов в атмосферном воздухе определяли с использованием спектрометра параллельного действия с индуктивно связанной плазмой атомно-эмиссионный серии ICPE-9800 модель ICPE-9820 на базе лаборатории физико-химического анализа Саратовского МНЦ гигиены.

Результаты. Проведенные исследования установили, что независимо от направления ветра во всех точках концентрации Cu, Zn, Cr и Ni были ниже предела обнаружения. Концентрации Fe и Al в зависимости от направления ветра и точки пробоотбора представлены в таблице.

Результаты измерений концентраций Al и Fe свидетельствуют о присутствии данных металлов в атмосферном воздухе в районе металлообрабатывающего производства. Концентрация Al незначительно увеличивалась в исследовательских точках по сравнению с контрольной при восточном и западном направлении ветра.

Концентрация Fe также увеличивалась в исследовательских точках по сравнению с контрольной при любом направлении ветра.

Концентрации Fe и Al в зависимости от направления ветра и точки пробоотбора

Направление ветра	Точка отбора	Металл	Концентрация, мг/м^3
Восточное	КТ	Алюминий	0,004 ± 0,001
		Железо	0,0079 ± 0,0019
	ИТ1	Алюминий	0,003 ± 0,001
		Железо	0,0056 ± 0,0014
	ИТ2	Алюминий	0,003 ± 0,001
		Железо	0,0060 ± 0,0015
	ИТ3	Алюминий	0,011 ± 0,003
		Железо	0,012 ± 0,003
Южное	КТ	Алюминий	Менее предела обнаружения (< 0,00125)
		Железо	0,0020 ± 0,0,0005
	ИТ1	Алюминий	Менее предела обнаружения (< 0,00125)
		Железо	0,0017 ± 0,0004
	ИТ2	Алюминий	Менее предела обнаружения (< 0,00125)
		Железо	Менее предела обнаружения (< 0,00125)
	ИТ3	Алюминий	Менее предела обнаружения (< 0,00125)
		Железо	Менее предела обнаружения (< 0,00125)
Северное	КТ	Алюминий	0,0020 ± 0,0005
		Железо	0,0045 ± 0,0011
	ИТ1	Алюминий	0,0020 ± 0,0005
		Железо	0,0047 ± 0,012
	ИТ2	Алюминий	0,0020 ± 0,0005
		Железо	0,0051 ± 0,0013
	ИТ3	Алюминий	0,0020 ± 0,0005
		Железо	0,0059 ± 0,0015
Западное	КТ	Алюминий	0,0020 ± 0,0005
		Железо	0,0038 ± 0,0009
	ИТ1	Алюминий	0,0030 ± 0,0008
		Железо	0,0046 ± 0,0016
	ИТ2	Алюминий	0,0030 ± 0,0008
		Железо	0,0051 ± 0,0013
	ИТ3	Алюминий	0,0070 ± 0,0018
		Железо	0,0146 ± 0,0036

Таким образом, металлообрабатывающее производство может являться дополнительным источником загрязнения атмосферного воздуха алюминием и железом.

Список литературы

1. Загрязнение атмосферного воздуха – WHO [Электронный ресурс]. – URL: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health (дата обращения: 29.08.2023)

2. Long-term effect of outdoor air pollution on mortality and morbidity: a 12-year follow-up study for metropolitan France / S. Sanyal, T. Rochereau, C.N. Maesano,

L. Com-Ruelle, I. Annesi-Maesano // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2018. – Vol. 15 (11). – P. 2487.

3. Загрязнение атмосферного воздуха крупного города тяжелыми металлами и оценка их опасности для здоровья населения / М.А. Казимов, Р.Х. Алиева, Н.В. Алиева // Медицина труда и промышленная экология. – 2014. – № 5. – С. 37–41.

Метрологическая оценка хромато-масс-спектрометрической методики определения фурана и метилфурана в пищевых продуктах (на примере детских каш на основе зерна)

Т.В. Нурисламова, О.А. Мальцева, Т.В. Чинько

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Предложена методика количественного определения фурана и метилфурана в пищевой продукции методом парофазной экстракции с последующим газохроматографическим анализом (ГХ/АРПФ) с масс-селективным детектором.

Выполнена метрологическая оценка методики определения фурана и метилфурана в пищевых продуктах (на примере детских каш на основе зерна), которая позволила установить показатели качества результатов количественного химического анализа: повторяемости, внутрилабораторной прецизионности, правильности и статистические оценки характеристик погрешности результатов анализа.

Показатель точности ($\pm \delta$, %) методики определения фурана и метилфурана в кашах составил: для фурана – 36,0 % и метилфурана – 26,0 %; показатель повторяемости, (σ_r) для фурана – 9,3 % и метилфурана – 8,9 %; показатель правильности ($\pm \delta_c$, %) для фурана – 25,0 % и метилфурана – 14,0 %. Критические диапазоны ($CR_{0,95}$) разработанной методики определения фурана и метилфурана составили 37,0 и 31,0 % соответственно.

Ключевые слова: хромато-масс-спектрометрический метод (ГХ/МС), детские каши, фуран (метилфуран), анализ равновесной паровой фазы.

Качество и безопасность продуктов питания относятся к основному фактору, определяющему сохранение здоровья нации. Специалисты установили, что 70 % чужеродных веществ поступает в организм человека с пищей и лишь 30 % – с водой и воздухом. Фуран и метилфуран являются потенциально опасными для здоровья человека соединениями, их содержание в продуктах питания должно контролироваться и ограничиваться строго регламентированными стандартами[1]. Это обеспечит безо-

[1] Регламент №178/2002 Европейского Парламента и Совета от 28 января 2002 г., об установлении общих принципов и требований в продовольственном праве, о создании европейского органа по безопасности пищевых продуктов и об установлении процедуры обеспечения безопасности пищевых продуктов.

пасность продовольственного сырья и пищевых продуктов, определяющих здоровье населения и сохранение его генофонда.

Определению фурана в пищевых продуктах в Европе, США и Китае уделяется большое внимание, Международным агентством по изучению рака он включен в группу 2В как возможно канцерогенный для человека [1, 2]. Исследования на экспериментальных животных показали, что часть поступившего фурана метаболизируется в печени до цис-2-бутен-1,4-диала [3]. Этот метаболит обладает высокой реакционной способностью и может легко реагировать с ДНК, что способствует развитию онкологические заболевания [4]. В настоящее время контроль содержания фурана в пищевых продуктах в Российской Федерации затруднен из-за отсутствия методической базы. Актуальным вопросом остается разработка методики количественного химического анализа (МКХА) для определения фурана и его производных в пищевых продуктах, особенно для детского питания.

Разработка МКХА включает в себя последовательность более или менее независимых этапов. На каждом этапе проводится совокупность операций (пробоотбор и хранение пробы; подготовка пробы (концентрирование, перевод в аналитическую форму и др.); введение стандартных образцов (реперов) в измерительную систему; градуировка, учет холостой пробы; проведение аналитических операций (метод добавки, внутренний стандарт и др.); устранение эффекта матрицы и мешающих влияний; измерение аналитического сигнала; обработка данных; представление результатов; интерпретация данных), каждый из которых чреват обычными случайными погрешностями или грубыми промахами. Погрешности каждого из этих этапов вносят вклад в общую погрешность (неопределенность) результатов анализа, обусловив их недостоверность, если какой-либо из перечисленных факторов не был достаточно хорошо проанализирован, оценен и учтен в процессе разработки МКХА и при оценке ее соответствия целевому назначению – валидации МКХА [5]. Окончательным этапом разработки МКХА является процедура аттестации (согласно Федеральному Закону № 102-ФЗ и ГОСТ Р 8.563-2009) для МКХА, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений), которую возможно проводить на основании результатов валидации МКХА.

Цель исследования – разработка и метрологическая оценка высокочувствительной и селективной хромато-масс-спектрометрической методики определения фурана и метилфурана в пробах пищевой продукции (детские каши на основе зерна).

Материалы и методы. Исследования по разработке методического обеспечения контроля фурана и метилфурана в кашах выполняли с использованием газовой хроматографии и масс-спектрометрии (ГХ/МС): газовый хроматограф Agilent 7890A (USA) с масс-селективным детектором 5975C и квадрупольным масс-анализатором. Режим ионизации электронным ударом при 70 эВ. Качественное разделение фурана и метилфурана с близкими физико-химическими свойствами было достигнуто на капиллярной колонке серии VOC-5MS 90m×0,250 mm×0,250 μm длиной 90 м, внутренним диаметром 0,250 мм и толщиной пленки неподвижной фазы 0,250 μm.

Для выполнения газохроматографического анализа равновесной паровой фазы использовали герметичный термостатируемый сосуд, закрытый непроницаемой для паров мембраной, медицинский шприц для отбора паровой фазы и технику парофазного анализа для измерения летучих компонентов методом статического равновесия паровой фазы [6].

Приготовление градуировочных растворов и отработка условий метода пробоподготовки использовались стандартные образцы фурана и метилфурана (массовая доля вещества 99 %) Sigma Aldrich (USA), сухие безмолочные сухие каши для детского питания.

Для подтверждения соответствия разработанной методики анализа установленным метрологическим требованиям к измерениям проводили оценку значений показателей точности, правильности, прецизионности методики анализа. Проверку их соответствия установленным нормам точности выполняли в соответствии с РМГ 61-2010 на базе испытательного лабораторного центра [7]. Достоверность результатов экспериментальных исследований по определению метрологических характеристик разработанной методики подтверждена критериями Кохрена, Граббса и Стьюдента.

Результаты. Анализ фурана и метилфурана является сложной аналитической задачей из-за их высокой летучести, низкой молекулярной массы и низких уровней концентраций содержания в пищевых продуктах. Фуран ($t_{кип.}$ = 31,33 ºС) и метилфуран ($t_{кип.}$ = 62,5–63 ºС) относятся к классу летучих органических соединений, поэтому в исследованиях для определения этих соединений в пищевой продукции также применяли газохроматографический метод анализа равновесной паровой фазы. Для этого во флакон объемом 20 см^3 помещали 0,005 кг каши и добавляли стандартный раствор фурана и метилфурана. Флакон закрывали септой и алюминиевой крышкой с помощью кримпера и ставили в дозатор равновесного пара. По истечении 20 мин отбирали шприцем из флакона 1 см^3 парогазовой фазы и через испаритель вводили ее в колонку хроматографа и анализировали на газовом хроматографе с масс-селективным детектором.

Следующим этапом исследования была оценка соответствия разработанной методики метрологическим характеристикам.

Метрологическая аттестация методики определения фурана и метилфурана в пищевой продукции выполнена расчетным способом с известной концентрацией для нижней, средней и верхней границ измеряемого диапазона и применением метода добавок. Для оценки систематической составляющей погрешности измерений применяли метод добавок определяемых соединений с использованием набора стандартных образцов с известными характеристиками и погрешностями. Для оценки показателя точности методики анализа проводили эксперимент по внесению известных количеств аналитического стандарта в матрицу на двух уровнях (один равен пределу обнаружения и один в 100 раз больше) в 5 повторениях каждого уровня (параллельно – 2 контрольных образца). Отчет выполнен для рабочей пробы и пробы с добавкой.

При соблюдении всех регламентированных методикой условий проведения измерений характеристики погрешности результата измерений фурана и метилфурана в кашах с вероятностью 0,95 не должны превышать значений, представленных в табл. 1 и 2.

Показатели промежуточной прецизионности ($R_Л$) и критические диапазоны ($CR_{0,95}$) разработанной методики определения фурана и метилфурана в образцах пищевой продукции (детские каши) для диапазонов измерений приведены в табл. 2.

На основании экспериментальных данных рассчитаны метрологические показатели методики определения фурана и метилфурана методом хромато-масс-спектрометрии, характеризующие степень достоверности результатов измерений. Показатель повторяемости аналитов не превышает 10 %, показатель правильности (границы относительной систематической погрешности) не превышает 25 %, пока-

затель точности (границы относительной погрешности) составил для фурана 36,0 %, для метилфурана – 26,0 %.

Таблица 1

Результаты метрологической оценки методики определения фурана и метилфурана в пищевой продукции

Наименование определяемого аналита	Диапазон измерений, мг/кг	Показатель повторяемости (относительное среднеквадратическое отклонение повторяемости), $\sigma_{r,a}$, %	Показатель прецизионности (относительное среднеквадратическое отклонение внутрилабораторной прецизионности), $\sigma_{R,a}$, %	Показатель правильности (границы относительной систематической погрешности при доверительной вероятности 0,95), $\pm \delta_{сл.а}$, %	Показатель точности методики (границы относительной погрешности* при $P = 0,95$), $\pm \delta_{л}$, %
Фуран	От 0,000186 до 0,0019 вкл.	9,3	13,0	25,0	36,0
Метилфуран	От 0,000182 до 0,00183 вкл.	8,9	11,0	14,0	26,0

Таблица 2

Диапазоны измерений определяемых летучих органических соединений, показатели внутрилабораторной прецизионности и критические диапазоны

Диапазон измерений, мг/кг	Предел промежуточной прецизионности, $R_{Л}$ %	Критический диапазон, $CR_{0,95}$ %
Фуран		
От 0,0000186 до 0,0019 вкл.	37,0	34,0
Метилфуран		
От 0,000182 до 0,00183 вкл.	31,0	32,0

Полученные результаты экспериментальных исследований по метрологической аттестации методики оценены с помощью статистических критериев: Кохрен, Граббс и Стьюдент:

– критерий Граббса направлен на оценку грубого результата;

– критерий Кохрена – это критерий проверки однородности дисперсий;

– критерий Стьюдента: первым применением является отброс грубых результатов, вторым применением критерия Стьюдента считают сравнение среднего и действительного значения, третьим применением критерия является сравнение двух средних, полученных для двух равноточных выборок.

Результаты сравнительной оценки относительно статистических критериев приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты сравнительной оценки относительно статистических критериев

Статистический критерий	Табличное значение	Фуран	Метилфуран
Кохрен	0,471	0,395	0,458
Граббс	2,549	1,73	1,87
Стьюдент	2,15	1,75	2,14

Рассчитанные значения метрологических характеристик не превышают табличных значений, что свидетельствует о приемлемости результатов, полученных в ходе экспериментальных исследований.

Таким образом, в результате проведенных исследований достигнуты высокие метрологические характеристики при количественном определении фурана и метилфурана в пищевой продукции: показатель точности для фурана – 36,0 % и метилфурана – 26,0 %; показатель повторяемости, для фурана – 9,3 % и метилфурана – 8,9 %; показатель правильности для фурана – 25,0 % и метилфурана – 14,0 %; критические диапазоны ($CR_{0,95}$) разработанной методики определения фурана и метилфурана составили 34,0 % и 32,0 % соответственно.

Достоверность результатов экспериментальных исследований по определению метрологических характеристик разработанной методики подтверждена критериям Кохрена, Граббса и Стьюдента, рассчитанные значения которых не превышают табличных значений, что свидетельствует о приемлемости результатов, полученных в ходе экспериментальных исследований.

Список литературы

1. Glatt H., Schneider H., Liu Y. A cell line for the sensitive detection of genotoxic effects induced by carbohydrate pyrolysis products and other food-borne chemicals // Mutat Res. – 2005. – Vol. 580. – P. 41–52. DOI: 10.1016/j.mrgentox.2004.11.005

2. Detection of DNA adducts derived from the reactive metabolite of furan, cis-2-butene-1,4-dial / M.C. Byrns, C.C. Vu, J.W. Neidigh, J.L. Abad, R.A. Jones, L.A. Peterson // Chem Res Toxicol. – 2006. – Vol. 19. – P. 414–420. DOI: 10.1021/tx050302k

3. International Agency for Research on Cancer (IARC). Dry cleaning some chlorinated solvents and other industrial chemicals // Monogr Eval Carcinog Risks Hum. – 1995. – Vol. 63. – P. 393.

4. Rapid determination of furan in heated foodstuffs by isotope dilution solid phase micro-extraction-gas chromatography-mass spectrometry (SPME-GC-MS) / T. Goldmann, A. Périsset, F. Scanlan, R.H. Stadler // Analyst. – 2005. – Vol. 130. – P. 878–883. DOI: 10.1039/b419270b

5. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200085223 (дата обращения: 28.08.2023).

6. Витенберг А.Г. Равновесная модель в описании процессов газовой экстракции и парофазного анализа // Журнал аналитической химии. – 2003. – Т. 58, № 1. – С. 6–12.

7. РМГ 61-2010. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200094703 (дата обращения: 28.08.2023).

Идентификация генетически модифицированных организмов в образцах мясной продукции

О.А. Казакова, О.В. Долгих

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Появление генно-модифицированных (ГМ) линий растений, созданных современными биотехнологическими методами, является новой главой в жизни человечества. Рост числа новых ГМ-линий в мире и их внедрение в производство продуктов питания требует постоянного качественного и количественного контроля за соблюдением выдвигаемых требований к продукции такого рода. В работе представлено исследование 60 образцов мясной продукции методом PCR Real Time на приборе BioRad CFX96 по оценке присутствия ГМ-вставок и ГМ-линий растений с их количественным определением в единице объема. Использован рекомендуемый принцип матричного подхода к идентификации генно-модифицированных линий растений и вставок. Образцы оценивались на присутствие ДНК сои, кукурузы, рапса и картофеля, а также их линий, промотора CaMV, терминатора NOS, структурных генов nptII и cp4 EPSPS сои. Установлено, что два образца содержали в своем составе ГМ-линию сои GTS40-3-2, однако ее количественное содержание в образце не превышало рекомендуемой границы – 0,9 %. Установлено, что все представленные образцы соответствуют требованиям за оборотом продукции содержащей ГМ-линии растений. Для лабораторного контроля за оборотом мясной продукции содержащей ГМО рекомендуется использовать матричный подход с включением в диагностическую матрицу следующие генетические маркеры: ДНК сои, кукурузы, рапса и картофеля, промотор CaMV, терминатор NOS, структурные гены nptII и cp4 EPSPS.

Ключевые слова: ГМО, мясная продукция, растительная ДНК, ген cp4 EPSPS, ген nptII.

Появление генно-инженерных технологий является крупнейшим достижением молекулярной биологии и генетики. Способ переноса генов из одного объекта в другой позволил ускорить процесс селекционного отбора в создании новых сортов растений с определенными свойствами, минуя длительную стадию половой репродукции. Первые генетические модификации были проведены еще в 70-х гг. прошлого столетия, главная цель которых – обеспечение населения мира доступным и питательным продовольствием, его быстрое получение и минимизация затрат [1–3]. Стоит отметить, что с 1996 по 2020 г. мировые площади посевов генно-модифицированных культур увеличились до 190 млн га (рост более чем в 100 раз) [4].

Каждая новая генетическая трансформация является уникальной и на сегодняшний момент в точности невоспроизводимой. Процессы, происходящие в геноме растительных организмов, могут приводить к потере целевого признака или вызывать новые перестройки в геноме [3, 5, 6].

В настоящее время генетически модифицированные растения выращивают в 28 странах мира, особенно широко – в США, Бразилии, Аргентине, Индии и Канаде [7]. К генно-модифицированным сельскохозяйственным культурам относятся

рапс, кукуруза, соя, картофель, сахарная свекла, томаты, хлопчатник. Каждый из этих модифицированных объектов был наделен определенными признаками, искусственно внесенными при помощи генно-инженерных манипуляций, где изменялись как небольшие фрагменты ДНК, так и вносились целые чужеродные гены. Устойчивость к насекомым вредителям, устойчивость к инсектицидам и гербицидам, повышенная продуктивность – те приобретенные свойства, которые, по мнению многих авторов, являются приоритетными в конкуренции с селекционно выведенными культурами [1, 3, 5].

Международные подходы в вопросах контроля по использованию генно-инженерных технологий изложены в Картахенском протоколе в 2000 г. в рамках Конвенции ООН по биологическому разнообразию. Протокол обязывает все страны-участницы объективно оценивать риски, связанные с использованием ГМО, обеспечение их безопасного хранения, транспортировки и применения [2, 8, 9]. Во многих странах были приняты законодательные акты о генетически модифицированных организмах, чтобы гарантировать отслеживаемость продуктов питания / кормов на рынке и защитить свободу выбора потребителя [10].

Выращивание ГМО в России осуществляется только на опытных участках, а с 2007 г. контроль над продуктами питания содержащих модифицированные объекты ужесточен [11]. Если ГМО входит в состав изделия, информация об этом обязательно должна быть указана на упаковке производителя.

По данным Роспотребнадзора и Россельхознадзора на апрель 2018 г. в России зарегистрировано порядка 26 линий ГМО для 5 видов растений (9 линий сои, 13 линий кукурузы, одна линия риса, одна линия сахарной свеклы, 2 линии картофеля), разрешенные для использования в продуктах питания, продовольственном сырье и кормах.

В связи с появлением все новых линий ГМ-растений в производстве продуктов питания актуальной является оценка распространенности данных продуктов и присутствия в них конкретных генетических модификаций и линий растений [1, 11–16].

Требование лабораторного контроля присутствия ГМО в различных маркированных продуктах породило растущую потребность в надежных, быстрых и экономичных с точки зрения затрат аналитических методах [17, 18].

Цель исследования – анализ особенностей лабораторного контроля генетически модифицированных организмов в мясной продукции массового производства.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись 60 образцов продуктов питания массового производства 13 торговых марок российских производителей (мясные колбасные изделия).

Обнаружение специфических фрагментов ГМ-образцов основано на использовании метода аллель-специфичной полимеразной цепной реакции с получением результата в режиме реального времени, на приборе BioRAD CFX96 Real Time System, где для амплификации используются по два олигонуклеотидных праймера для фланкирования специфических фрагментов ДНК, терминатора, специфического фрагмента промотора и специфических фрагментов регуляторной последовательности (МУК 4.2.2304-07).

Навеску исследуемого гомогенизированного продукта массой 100 мг помещали в микроцентрифужную пробирку типа Эппендорф на 1,5 мл, добавляли 800 мкл лизирующего буфера и 15 мкл протеинкиназы К, после чего тщательно

перемешивали на вортексе. Далее производилась инкубация смеси при температуре 60 °С в течение 30 мин с периодическим встряхиванием пробирки, после чего взвесь охлаждалась 2 мин при комнатной температуре и осаждалась в микроцентрифуге 5 мин при 12 тыс./об. Верхний слой объемом до 300 мкл переносился в чистые пробирки с раствором для сорбента (200 мкл) и сорбентом (40 мкл) и инкубировалось 10 мин с тщательным перемешиванием на вортексе каждые 2 мин. Осаждение сорбента осуществлялось на микроцентрифуге в течение 1 мин при 7 тыс./об. Надосадочная жидкость собиралась вакуумным отсасывателем. Далее следовала двукратная промывка «Промывочным раствором Б» в объеме 500 мкл с встряхиванием пробирки на вортексе, последующим осаждением сорбента в микроцентрифуге 1 мин при 7 тыс./об. и удалением надосадочной жидкости. Далее сорбент подсушивался при температуре 60 °С 7–12 мин, с добавлением 200 мкл ТЕ-буфера с инкубацией 60 °С 10 мин с периодическим перемешиванием на вортексе. После сорбент осаждается на микроцентрифуге в течение 2 мин при 12 тыс./об., надосадочная жидкость содержит выделенную ДНК, которую можно хранить в течение 5 суток при температуре 2–8 °С и в течение года при температуре 18–20 °С.

Согласно методике обнаружения следов ГМО в исследуемой продукции, проводилась оценка положительного и отрицательного контроля (пробы заведомо содержащие и не содержащие ГМ-сырье). Произведено определение специфических фрагментов ДНК, вводимых в генетические конструкции исследуемых образцов. Использован рекомендуемый принцип матричного подхода к идентификации генно-модифицированных линий растений и вставок.

Оценивались следующие ГМ конструктивные элементы, исследуемые 5 скрининговыми наборами, позволяющими оценить присутствие растительной ДНК сои, кукурузы, рапса и картофеля и специфичные им ГМ-вставки, такие как: промотор – *35S CaMV. 35s FMV*; терминатор – *NOS*; структурные гены, определяющие вводимый в ГМО признак – *nptII, cp4 EPSPS, pat, bar, Cry3A.*

А также использованы 4 скрининговых набора для выявления конкретных линий сои и кукурузы, разрешенных в РФ: линии сои GTS40-3-2, A2704-12, A5547-127, MON87708, BPS-CV 127-9 MON89788, MON87701, SYHT0H2, FG72, MON 87705, MON87769; линии кукурузы MON810, NK603, Bt11, MON863, MIR604, GA21, T25, 3272, TC1507, MZHG0JG.

Всего для 60 образцов и 5 скрининговых наборов получено 2280 единиц информации.

Статистическая обработка данных, а именно количественный учет присутствия растительной ДНК и ГМ-специфических вставок, производилась в программе Microsoft Excel.

Результаты. По результатам проведенных исследований по оценке образцов мясных изделий установлено, что из 60 образцов большинство содержали растительную ДНК, на 2/3 представляющие собой ДНК сои, в 7 из которых обнаружены вставки промотора 35S CaMV и терминатора NOS, а также ряд проб содержал ген толерантности к гербициду глифосату cp4 EPSPS. В пробах линий растений, содержащих ДНК кукурузы и рапса, обнаружены вставки: промотор CaMV, терминатор NOS, ген cp4 EPSPS (в 8 % проб), ген неомицинфосфотрансферазы nptII придающий растениям антибиотикорезистентность.

Анализ образцов мясной продукции на наличие известных линий растений, разрешенных в России и используемых для производства продуктов питания, позволил выявить присутствие ГМ-линии сои GTS 40-3-2, процентное содержание которой в единице объема не превышало допустимый уровень – 0,9 % – согласно требованию п. 1 ч. 4.4 ТР ТС 021/2011.

Выводы. Установлено, что в большинстве исследуемых образцов мясных изделий идентифицирована растительная ДНК. Наиболее распространенными генетическими вставками, выявленными в растительной ДНК, используемой при производстве исследуемых продуктов питания являются промотор 35s CaMV, терминатор NOS, гены cp4 EPSPS и nptII.

Выявлены образцы, имеющие в своем составе сою, относящуюся к разрешенной в РФ линии GTS 40-3-2, содержание которой не превышает допустимый норматив – 0,9 %.

Таким образом, на основании выполненных исследований с применением идентификационных наборов по определению ГМО установлено, что все исследуемые образцы мясных (колбасных) изделий соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011, а содержание ГМ-растительного сырья не превышает допустимый разрешенный в РФ уровень.

Представленный перечень генетических маркеров ГМО, а именно ДНК сои, кукурузы, рапса, а также специфичные этим растениям ГМ-вставки, такие как промотор 35s CaMV, терминатор NOS, ген устойчивости к гербицидам cp4 EPSPS, ген устойчивости к антибиотикам nptII, с последующей оценкой конкретных линий и ее количественным определением в единице объема, рекомендуется к использованию для проведения мониторинга и выборочного лабораторного контроля качества мясных (колбасных) продуктов питания массового потребления в РФ.

Список литературы

1. ДНК маркеры в селекции растений: учебное пособие / К.В. Азарин, Н.В. Маркин, В.С. Лотник, А.В. Усатов. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2012. – 146 с. ISBN 978-5-9275-0968-3

2. Малышев В.П. Трансгенные продукты: возможные риски и пути их снижения // Проблемы анализа риска. – 2006. – Т. 3, № 3. – С. 233–237.

3. Суровцева Е.Ю. Генетический апокалипсис или возможные «выгоды» от применения ГМО // Экономика. Налоги. Право. – 2014. – № 6. – С. 65–70.

4. Тышко Н.В., Садыкова Э.О. Генно-инженерно-модифицированная пищевая продукция: развитие российской системы оценки безопасности // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 4. – С. 120–127. DOI: 10.21668/health.risk/2018.4.14

5. Донник И.М., Воронин Б.А. Правовое регулирование генно-инженерной деятельности в Российской Федерации // Аграрный вестник Урала. – 2017. – № 2 (156). – С. 4.

6. Павличенко В.В., Протопопова М.В., Войников В.К. Результаты пятилетнего лабораторного культивирования растений тополя берлинского, генетически модифицированных генами uidA и nptII // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. – 2018. – Т. 25. – С. 3–14. DOI: 10.26516/2073-3372.2018.25.3

7. Особенности генетической идентификации генетически модифицированных источников пищи / Г.Ф. Мухаммадиева, Д.О. Каримов, О.В. Долгих, А.В. Кривцов, А.А. Мазунина // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 4. – С. 75–80.

8. Current and new approaches in GMO detection: challenges and solutions / M.-A. Fraiture, P. Herman, I. Taverniers, M. De Loose, D. Deforce, N.H. Roosens // BioMed Research International. – 2015. – P. 22. DOI: 10.1155/2015/392872

9. The similarities of bar and pat gene products make them equally applicable for plant engineers / A. Wehrmann, A. Van Vliet, C. Opsomer, J. Botterman, A. Schulz // Nat Biotechnol. – 1996. – Vol. 14 (10). – P. 1274–1278.

10. Ghanem S. Cloning of the nptII gene of Escherichia coli and construction of a recombinant strain harboring functional recA and nptII antibiotic resistance // Genetics and Molecular Research. – 2011. – Vol. 10 (3). – P. 1445–1454. DOI: 10.4238/vol10-3gmr1334

11. Variability of CP4 EPSPS expression in genetically engineered soybean (*Glycine max* L. Merrill) / P. Chinnadurai, D.Stojšin, K. Liu, G.E.Frierdich, K.C. Glenn, T. Geng, A. Schapaugh, K. Huang, A.E. Deffenbaugh, Z.L. Liu, L.A. Burzio // Transgenic Res. – 2018. – Vol. 27 (6). – P. 511–524.

12. Lack of detection of Bt Sugarcane Cry1Ab and NptII DNA and proteins in sugarcane processing products including raw sugar / A. Cheavegatti-Gianotto, A. Gentile, D.A. Oldemburgo, G.A. Merheb, M.L. Sereno, R.P. Lirette, T-H.S. Ferreira, W.S. Oliveira // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. – 2018. – Vol. 6 (24). – P. 14.

13. Davison J., Ammann K. New GMO regulations for old: determining a new future for EU crop biotechnology // GM Crops&Food. – 2017. – Vol. 8 (1). – P. 13–34. DOI: 10.1080/21645698.2017.1289305

14. Potential of cross-priming amplification and DNA-based lateral-flow strip biosensor for rapid on-site GMO screening / X. Huang, C. Zhai, Q. You, H. Chen // Analytical and Bioanalytical Chemistry. – 2014. – Vol. 406 (17). – P. 4243–4249. DOI: 10.1007/s00216-014-7791-y

15. Mueller S. On DNA signatures, their dual-use potential for GMO counterfeiting, and a cyber-based security solution // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. – 2019. – Vol. 7 (189). – P. 17. DOI: 10.3389/fbioe.2019.00189

16. Sateesh M.K. Use of genetically modified organisms and their release in the environment, in Bioethics and Biosafety. – New Delhi: I.K. International Pvt. Ltd, 2008. – P. 217–242.

17. Datwyler S.L., Weiblen G.D. Genetic variation in hemp and marijuana (Cannabis sativa L.) according to amplified fragment length polymorphisms // J Forensic Sci. – 2006. – Vol. 51. – P. 371–375. DOI: 10.1111/j.1556-4029.2006.00061.x

18. Effect of dietary supplementation of recombinant Cry and Cp4 epsps proteins on haematological indices of growing rabbits / I.B. Salisu, A.A. Shahid, A. Yaqoob, A.Q. Rao, T. Husnain // Animal Physiology and Animal Nutrition. – 2018. – Vol. 103 (1). – P. 305–316. DOI: 10.1111/jpn.13016

Оценка аминокислотного состава белка насекомых как нового вида пищевых продуктов

С.Е. Зеленкин

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

В настоящее время в качестве альтернативного источника незаменимых аминокислот рассматривается белок насекомых. При этом необходимо учитывать возникающие потенциальные опасности, одной из которых является изменение аминокислотного состава рациона питания.

Предложена оценка аминокислотного состава белка насекомых как потенциального пищевого продукта нового вида. Проведен расчет аминокислотного скора, дана сравнительная оценка биологической ценности белка насекомых (на примере домового сверчка *A. domesticus*) и говядины.

Полученные результаты могут являться основанием к использованию белка, полученного из насекомых, в рационе питания в качестве альтернативного источника незаменимых аминокислот.

Ключевые слова: новые виды пищевых продуктов, насекомые, потенциальные опасности, аминокислотный скор, биологическая ценность.

К середине XXI в., по прогнозам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), население Земли превысит 9 млрд человек. Для удовлетворения потребностей населения в питании дополнительно необходимо нарастить 70 % объемов продовольствия сверх имеющихся на настоящий момент, что в силу ограниченности ресурсов и количества пригодных для производства пищи земель, является серьезной проблемой. Как следствие, разрабатываются более эффективные способы производства традиционных пищевых продуктов, а также ведется поиск пищевых продуктов нового вида («новой пищи») для обеспечения населения в первую очередь макронутриентами, в частности белком и незаменимыми аминокислотами, необходимыми для роста, развития и нормального функционирования организма [1].

Одним из приоритетных источников «новой пищи» являются насекомые, популяризация которых для использования в пищевых целях была начата ФАО в 2010 г. [2–5]. Выбор насекомых в качестве «новой пищи» объясняется тем, что большинство пригодных для использования в пищу насекомых богаты белком (содержание белка в среднем составляет 60–77 % в пересчете на сухую массу) [6], пищевыми волокнами, полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК), а также могут быть потенциальным источником витаминов и минеральных веществ для человека. Кроме того, прирост биомассы насекомых происходит быстрее, чем биомассы домашнего скота и птицы [7–9].

К концу 2010-х гг. мировой рынок использования насекомых для получения пищевого сырья превысил 400 млн долларов США, а к концу 2020-х гг. его рост прогнозируется до 8 млрд долларов США [10, 11]. Кроме того, насекомые как пищевой продукт на протяжении многих лет используются в странах Африки, Азии,

Центральной и Южной Америки. Таким образом, два миллиарда человек уже используют насекомых как часть рациона, и, по прогнозам, эта величина будет расти, в том числе за счет потребителей за пределами указанных регионов [12]. Так, в январе 2023 г. Европейской комиссией в качестве пищевого источника для потребления человеком зарегистрирована мука, произведенная из домашнего сверчка (*Acheta domesticus*) [13]. Таким образом, использование насекомых как источника «новой пищи» оправдано интересом мирового сообщества к их производству.

Вместе с тем при использовании насекомых как альтернативного источника белка необходимо учитывать потенциальную опасность, связанную с изменением биологической ценности рациона, поскольку аминокислотный состав, как пищевых продуктов нового вида, так и включающего их рациона питания, не регламентируется. Потенциальная опасность, связанная с изменением аминокислотного состава, является актуальной ввиду негативного влияния дисбаланса незаменимых аминокислот на здоровье [14, 15].

Цель исследования – оценить аминокислотный состав белка насекомых (на примере *A. domesticus*) как нового вида пищевых продуктов.

Материалы и методы. Для оценки аминокислотного состава был проведен сравнительный анализ белка *A. domesticus* (энтомопротеина) и белка говядины как заменяемого продукта. Объем фактического суточного потребления говядины рассчитан по результатам оценки выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств [16]. Величина суточного потребления продукта с содержанием энтомопротеина принималась равной суточному объему потребления говядины.

Содержание незаменимых аминокислот в белке говядины и домашнего сверчка оценивали на основании данных релевантных источников.

Концентрация незаменимых аминокислот в суточном потреблении говядины и продукта на основе энтомопротеина рассчитывались по формуле

$$A_j = (C_j \cdot m) / 100, \quad (1)$$

где A_j – массовая доля j-й незаменимой аминокислоты в потребляемом продукте;

C_j – концентрация j-й незаменимой аминокислоты в продукте, г/100 г белка;

m – суточный объем потребляемого продукта, г.

Для оценки биологической ценности изучаемых видов белка рассчитывали аминокислотный скор (C_j (%)), выраженный как отношение содержания аминокислот в продукте (рационе) к суточной потребности для взрослого населения [17].

Расчет аминокислотного скора проводили по формуле (2):

$$C_j = \frac{A_j}{A_{эj}}, \quad (2)$$

где A_j – массовая доля j-й незаменимой аминокислоты в продукте;

$A_{эj}$ – массовая доля j-й незаменимой аминокислоты, соответствующая эталонной, г/100 г белка.

В качестве эталонного содержания аминокислот использовались рекомендации ФАО/ВОЗ для взрослого населения [18].

Аминокислота, встречающаяся в пищевом продукте или рационе питания в наименьшем количестве по отношению к суточной потребности (имеющая наименьшую величину скора при расчете) считается лимитирующей, поскольку она

ограничивает синтез белка и формирует потенциальную опасность и риски для здоровья [19].

Стоит учитывать, что аминокислотный состав пищевых продуктов, входящих в рацион, может отличаться от оптимального. Утилизация аминокислот организмом предопределена лимитирующей аминокислотой и численно может быть выражена через показатель утилитарности содержания аминокислоты в белке продукта. Утилитарность представляет собой отношение минимального скора к скору каждой аминокислоты для исследуемых продуктов. На основании этого показателя рассчитывается количество каждой незаменимой аминокислоты, которое может быть утилизировано организмом в анаболических целях.

Коэффициент утилитарности каждой аминокислоты рассчитывали по формуле (3):

$$ai = \frac{C_{\min}}{C_i} \cdot 100\ \%, \qquad (3)$$

где $C_{\min}$ – минимальный скор;

C_i – скор каждой аминокислоты по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), % или доли ед.

Результаты. Содержание незаменимых аминокислот в белке говядины и *A. domesticus* представлено в табл. 1.

Согласно данным табл. 1, концентрация метионина и триптофана в белке говядины превышают их содержание в белке *A. domesticus* в 1,5 и 1,7 раза соответственно. В свою очередь, содержание фнилаланина и валина в белке *A. domesticus* выше, чем в белке говядины, в 1,6 и 1,2 раза соответственно. Содержание остальных незаменимых аминокислот, а также их общее содержание достоверно не отличались.

Результаты расчета суточного потребления незаменимых аминокислот с изучаемыми продуктами представлены в табл. 2.

Таблица 1

Содержание незаменимых аминокислот в потребляемом суточном объеме говядины и продукта на основе белка *A. domesticus* по данным литературы, г/100 г белка

Источник белка	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин + цистени	Фенилаланин+ тирозин	Треонин	Триптофан	Валин	Всего	Ссылка
Говядина	3,5	7,7	7,8	3,6	8,2	4,4	1,7	5,4	42,1	[17]
Acheta domesticus	3,9	7,6	5,6	2,4	13,2	4,0	1,0	6,4	43,4	[20]

Таблица 2

Суточное потребление незаменимых аминокислот с говядиной и продуктом на основе энтомопротеина, г

Источник белка	Содержание белка в продукте, %	Суточное потребление продукта	Суточное потребление белка	Суточное потребление незаменимых аминокислот
Говядина	21,6	24,70	5,34	2,25
Acheta domesticus	48		11,86	5,21

На основании табл. 2 установлено, что суточное потребление продукта на основе белка *A. domesticus* обеспечит поступление незаменимых аминокислот в количестве, превышающем их поступление с белком говядины, более чем в 2 раза.

При расчете аминокислотного скора установлено, что скор лизина, метионина+цистеина и триптофана белка говядины превышает аналогичные величины белка домашнего сверчка в 1,4, 1,5 и 1,7 раза соответственно. Вместе с тем скор фенилаланина+тирозина белка *A. domesticus* превышает скор для этих аминокислот белка говядины в 1,6 раза. Для остальных аминокислот величина аминокислотного скора достоверно не отличалась. В качестве лимитирующей аминокислоты в белке говядины установлен изолейцин, в белке сверчка – метионин+цистеин (табл. 3).

Таблица 3

Результаты расчета аминокислотного скора белка говядины и *A. domesticus*

Аминокислота	Говядина	*A. domesticus*
Изолейцин	**1,17**	1,29
Лейцин	1,30	1,28
Лизин	1,74	1,24
Метионин+цистеин	1,63	**1,10**
Фенилаланин+тирозин	2,14	3,47
Треонин	1,76	1,59
Триптофан	2,50	1,48
Валин	1,35	1,60

По результатам расчета утилитарности незаменимых аминокислот установлено, что незаменимые аминокислоты как белка говядины, так и белка *A. domesticus* поступают в организм в достаточном количестве, и, следовательно, часть поступивших аминокислот будет выводиться из организма или метаболизироваться [21]. Наиболее оптимально в организме (помимо лимитирующих аминокислот) будут использоваться лейцин и валин, поступающие с белком говядины, и изолейцин, лейцин и лизин из белка домашнего сверчка. Вместе с тем количество поступающего с говядиной триптофана и поступающего с белком сверчка фенилаланина+тирозина превышает достаточное количество этих аминокислот в 2,1 и 3,1 раза соответственно (табл. 4).

Таблица 4

Результаты расчета коэффициента утилитарности незаменимых аминокислот из белка говядины и *A. domesticus*

Аминокислота	Коэффициент утилитарности (*ai*), %	
	Говядина	*A. domesticus*
Изолейцин	100,0	116,0
Лейцин	111,0	116,0
Лизин	149,0	112,0
Метионин+Цистеин	139,0	100,0
Фенилаланин+Тирозин	184,0	314,0
Треонин	151,0	144,0
Триптофан	214,0	134,0
Валин	116,0	145,0

Выводы. Таким образом, из результатов расчета показателей биологической ценности аминокислотного состава белка *A. domesticus* следует, что энтомопротеин потенциально может рассматриваться как источник незаменимых аминокислот нового вида. Результаты оценки аминокислотного скора и утилитарности незаменимых аминокислот могут являться основанием к использованию белка, полученного из насекомых в рационе питания, в качестве альтернативного источника незаменимых аминокислот. Вместе с тем необходимо провести оценку аминокислотного состава предполагаемого рациона, включающего в себя белок насекомых как замену животного белка, с расчетом аминокислотного скора, утилитарности и усвояемости рациона.

Список литературы

1. Chriki S., Hocquette J.-F. The Myth of Cultured Meat: A Review // Front. Nutr. – 2020. – № 7. – P. 7.

2. Пищевая и биологическая ценность биомассы личинок Hermetia illucens / Э.О. Садыкова, А.А. Шумакова, С.И. Шестакова, Н.В. Тышко // Вопросы питания. – 2021. – Т. 90, № 2. – С. 73–82.

3. Patel S., Suleria H.A.R., Rauf A. Edible insects as innovative foods: Nutritional and functional assessments // Trends Food Sci. Technol. – 2019. – № 86. – P. 352–359.

4. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) – Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.fao.org (дата обращения: 10.09.2023)

5. Edible insects: future prospects for food and feed security. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013. – 201 c.

6. Hanboonsong Y., Jamjanya T., Durst P.B. Six-Legged Livestock: Edible Insect Farming, Collection and Marketing in Thailand. – Bangkok, Thailand: Food and Agriculture Organization, Regional Office for Asia and the Pacific, RAP publication, 2013.

7. Akhtar Y., Isman M.B. Insects as an Alternative Protein Source // Proteins in Food Processing (Second Edition) / In R.Y. Yada ed. – Woodhead Publishing, 2018. P. 263–288.

8. Nutrient composition of commonly consumed edible insects in the Lango subregion of northern Uganda / J. Akullo, J. Agea, B. Obaa, J. Acai, D. Nakimbugwe // International Food Research. – 2018. – Vol. 25, № 1. – P. 159–165.

9. Snodgrass J.J., Leonard W.R., Robertson M.L. The Energetics of Encephalization in Early Hominids // The Evolution of Hominin Diets. Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology / J.J. Hublin, M.P. Richards eds. – Springer, Dordrecht, 2009. – P. 15–29.

10. MacKenzie W., Hoelle J. A review of edible insect industrialization: scales of production and implications for sustainability // Environ. Res. Lett. – 2020. – Vol. 15, № 12. – P. 123013.

11. Liceaga A.M. Edible insects, a valuable protein source from ancient to modern times // Adv Food Nutr Res. – 2022. – № 101. – P. 129–152.

12. Edible insects in Africa in terms of food, wildlife resource, and pest management legislation / N.T. Grabowski, S. Tchibozo, A. Abdulmawjood, F. Acheuk, M.M. Guerfali, W.A.A. Sayed, M. Plötz // Foods. – 2020. – Vol. 9, № 4. – P. 502.

13. Commission Implementing Regulation (EU) 2023/5 of 3 January 2023 authorising the placing on the market of Acheta domesticus (house cricket) partially defatted powder as a novel food and amending Implementing Regulation (EU) 2017/2470 [Элек-

тронный ресурс]. – URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A32023R0005 (дата обращения: 10.09.2023).

14. Harperand A., Rogers Q. Amino Acid Imbalance // Proceedings of the Nutrition Society. – 1965. – Vol. 24, № 2. – P. 173–190.

15. The neurotoxicity of valine deficiency in rats / P.K. Cusick, K.M. Koehler, B. Ferrier, B.E. Haskell // The Journal of nutrition. – 1978. – Vol. 108, № 7. – P. 1200–1206.

16. Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах в 2021 году по итогам выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств [Электронный ресурс]. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Potreb_prod_pitan-2021.pdf (дата обращения: 10.09.2023).

17. Ибрагимова З.Р., Кумалагова З.Х. Сравнительный анализ пищевой ценности и биологических свойств импортной и отечественной говядины // Владикавказский медико-биологический вестник. – 2010. – Т. 10, № 17. – С. 71–75.

18. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. – Rome: FAO, 2013. – 66 c.

19. Hambræus L. Protein and Amino Acids in Human Nutrition. Reference Module in Biomedical Research, 3rd edition. – United States: Elsevier Inc., 2014. – P. 1–13.

20. Bioavailability of nutrients from edible insects / S. Ojha, A. El-Din Bekhit, T. Grune, O.K. // Schluter Current Opinion in Food Science. – 2021. – № 41. – P. 240–248.

21. Лысиков Ю.А. Аминокислоты в питании человека // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2012. – № 2. – С. 88–105.

Особенности загрязнения окружающей среды фармацевтическими средствами и их дериватами в период пандемии COVID-19

Б.И. Марченко, А.А. Назарянц

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Ростов-на-Дону, Россия

Существенной эколого-гигиенической проблемой является загрязнение поверхностных водоемов фармацевтическими средствами и их производными. Целью настоящего исследования было изучение особенностей объемов и структуры фармацевтических средств, применявшихся в стационарных и амбулаторных условиях, при терапии пациентов в период пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 в 2020–2022 гг. Исходными материалами являлись сведения, полученные авторами на основе анализа результатов мониторинга движения лекарственных средств в среде программного комплекса «Управление лекарственным обеспечением медицинских организаций» ROFOMS version 3.0. Проведена оценка потенциального загрязнения воды Таганрогского залива Азовского моря сточными водами лечебно-профилактических медицинских организаций г. Таганрога.

Ключевые слова: лекарственные средства, ксенобиотический профиль, сточные воды, фармацевтическое загрязнение, антибиотики, антибиотикорезистентность, эколого-гигиенический мониторинг.

В декабре 2019 г. в Китайском городе Ухане впервые было зарегистрировано новое заболевание с симптоматикой агрессивной пневмонии, которое было идентифицировано как тяжелый острый респираторный синдром 2-го типа (SARS-CoV-2), получивший, распространившееся в широких кругах, название по возбудителю – коронавирусная болезнь (COVID-19) [1]. Факт выхода вируса за пределы Китая определил себя выявлением и вспышкой случаев SARS-CoV-2 в Таиланде, за которым последовали другие страны. К апрелю 2020 г. вирус распространился на все континенты, а число случаев заболевания и смерти продолжало расти [2].

Ограничения передвижений, карантины и локдауны стали основными мерами, принятыми для сдерживания распространения болезни в период до появления возможности вакцинации населения. Подобные действия достаточно быстро повлияли на мировую экономику, а ограничение социального взаимодействия негативно отражалось на некоторых аспектах психического здоровья [3]. Одновременно с этим чрезмерное использование моющих, антисептических и других дезинфицирующих средств не только перегружало системы очистки сточных вод, что изменяло качество сточных вод, но и увеличивало потенциальный риск сброса неочищенных сточных вод в природные водоемы [4, 5]. Глобальный экономический ущерб и число смертей огромны, но серьезное внимание также следовало уделить загрязнению окружающей среды в результате мер по борьбе с COVID-19. Во всем мире огромное количество примененных и не использованных по назначению средств индивидуальной медицинской защиты, фармацевтических препаратов, антисептиков и дезинфицирующих средств для рук попало в окружающую среду, что вызвало беспрецедентное давление на экологический баланс [6, 7]. И даже после официального объявления ВОЗ об окончании пандемии, давление последствий агрессивной антропогенной деятельности продолжает выводить из равновесия элементы окружающей среды.

Цель исследования – анализ особенностей применения лекарственных средств и оценка риска потенциального фармацевтического загрязнения компонентов окружающей среды в период пандемии COVID-19.

Материалы и методы. Проведен анализ использования лекарственных средств за период пандемии новой коронавирусной инфекции. Источником для формирования профильной базы данных потребления фармацевтических средств в двух медицинских организациях г. Таганрога являются сведения, полученные на основе результатов мониторинга движения лекарственных препаратов в среде программного комплекса «Управление лекарственным обеспечением медицинских организаций» ROFOMS version 3.0 за период 2020–2022 гг. Представленные данные были дополнительно верифицированы. При формировании баз данных и обработке материалов исследования на основе комплекса традиционных методов вариационной статистики применено программное обеспечение собственной разработки, а также профессиональный пакет статистических программ IBM SPSS Statistics (Statistical Package for Social Science) version 19.0.

Результаты. Принимая во внимания фармакокинетические особенности и количественно-групповые характеристики лекарственных средств, вызывающих обеспокоенность при локальном экологическом мониторинге.

ГБУ РО «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи», где развернуто 745 коек, относится к межтерриториальным лечебно-профилактическим учреждениям. Медицинская помощь оказывается населению г. Таганрога и трех близлежащих сельских районов Ростовской области (Неклиновского, Матвеево-Курганского и Куйбышевского). Здесь сосредоточена вся хирургическая и

травматологическая службы города, а также оказание помощи при инфекционных заболеваниях. В период пандемии на базе трех инфекционных отделений (взрослого, детского и реанимационного) был развернут специализированный госпиталь для лечения больных новой коронавирусной инфекцией.

Среди лекарственных средств, применяемых в ГБУ РО «ГКБСМП» за период 2020–2022 гг., особого внимания заслуживают антибактериальные и гормональные препараты, а также нестероидные противовоспалительные средства (НПВС). Вместе с этим при дальнейшем анализе данных из каждой группы можно выделить вызывающие наибольшую настороженность по массе суммарного использования. Так, цефтриаксон поступил к применению в суммарном объеме, превышающем 500 кг действующего вещества (табл. 1–3).

Таблица 1

Антибиотики, примененные в стационарных отделениях ГБУ РО «ГКБСМП» в г. Таганроге за период 2020–2022 гг., г

Наименование лекарственного средства	Год			
	2020	2021	2022	2020–2022
Цефтриаксон	195 000	214 000	140 000	549 000,0
амикацин	13 400	39 500	5000	57 900,0
Имипенем+циластатин	6000	31 200	15 000	52 200,0
Ципрофлоксацин	32 500	0	13 920	46 420,0
Левофлоксацин	4500	22 500	7500	34 500,0
Меропенем	11 000	16 000	5000	32 000,0
Амоксициллин+клавулановая кислота	12 246	0	17 046	29 292,0
Цефотаксим	12 000	0	16 956	28 956,0
Метронидазол	14 550	0	10 500	25 050,0
Цефепим	3000	0	9000	12 000,0
Цефоперазон+сульбактам	4000	2000	6000	12 000,0
Цефазолин	4200	0	6000	10 200,0
Ванкомицин	4200	3000	1500	8700,0
Линкомицин	0	0	6264	6264,0
Эритромицин	1000	500	540	2040,0
Тедизолид	1920	0	7,2	1927,2
Кларитромицин	1200	0	180	1380,0
Амоксициллин	0	0	1200	1200,0
Азитромицин	816	0	180	996,0

Таблица 2

Нестероидные противовоспалительные средства, примененные в стационарных отделениях ГБУ РО «ГКБСМП» в г. Таганроге за период 2020–2022 гг., г

Наименование лекарственного средства	Год			
	2020	2021	2022	2020–2022
Метамизол натрия	70 000	0	62 400	132 400,0
Ибупрофен	30 000	0	600	30 600,0
Ацетилсалициловая кислота	10 560	0	16 320	26 880,0
Парацетамол	1440	3500	13 380	18 320,0
Кетопрофен	3600	0	10 000	13 600,0
Кеторолак	5820	0	5616	11 436,0
Диклофенак	630	0	450	1080,0

Таблица 3

Гормональные средства, примененные в стационарных отделениях ГБУ РО «ГКБСМП» в г. Таганроге за период 2020–2022 гг., г

Наименование лекарственного средства	Год			
	2020	2021	2022	2020–2022
Метилпреднизолон	0	0	9737,5	9737,5
Преднизолон	385,2	0	564	949,2
Дексаметазон	96	0	300	396,0
Дидрогестерон	0	0	106.6	106,6
Прогестерон	0	0	67,2	67,2
Октреотид	0,2	0	0,29	0,5

Руководствуясь временными методическими рекомендациями по профилактике, диагностике и лечению новой коронавирусной инфекции на этапе амбулаторной первичной медико-санитарной помощи, пациенты вместе с назначением врача получали ряд лекарственных средств для лечения дома под амбулаторным наблюдением. Учитывая указанный алгоритм, в базу данных использования лекарственных средств в период пандемии COVID-19 были включены результаты контроля движения лекарственных препаратов городской поликлиники. ГБО РО «Городская поликлиника № 2» в г. Таганроге представляет собой объединение пяти амбулаторно-поликлинических подразделений, оказывающих первичную медико-санитарную помощь более 105 тыс. взрослых жителей г. Таганрога.

Анализируя количественно-групповые характеристики применения лекарственных средств за период пандемии на амбулаторном этапе (табл. 4), нельзя исключить снижения комплаентности у пациентов ввиду сложных схем приема препаратов, значительных побочных эффектов, отсутствии эффективности [8] и относительно легкого течения заболевания. А подобное отношение к терапии, в свою очередь, с высокой вероятность позволяет предположить, что некоторые из полученных в поликлинике препаратов останутся в домашней аптечке, а по истечении срока годности (не более трех лет) попадут в общую массу коммунальных отходов, что представляет собой угрозу неконтролируемого проникновения их в грунтовые воды.

Таблица 4

Лекарственные средства, примененные в ГБУ РО «ГП № 2» в г. Таганроге за период 2020–2022 гг.

Лекарственное средство (МНН)	Количество, г
Парацетамол	57 655,0
Фавипиравир	33 064,0
Умифеновир	24 400,0
Амоксициллин	12 769,3
Левофлоксацин	3965,0
Азитромицин	2461,5
Кларитромицин	1742,5
Дебигатрана этексилат	1461,3
Моксифлоксацин	744,0
Ривароксабан	696,9
Апиксабан	309,6
Дексаметазон	1,4

Исходя из разъяснений Министерства здравоохранения (письмо Министерства здравоохранения Российской Федерации от 11 августа 2022 г. № 30-5/3080): лекарства с истекшим сроком годности, находящиеся у населения вне медицинских организаций, медицинскими отходами не являются и специальные правила утилизации на них не распространяются.

Выводы. Оценка риска широко применяется в части влияния опасности загрязняющих веществ для человека на основе интенсивности и продолжительности воздействия некоторых загрязнителей на окружающую среду. В последние несколько десятилетий нарастает обеспокоенность присутствия среди таких загрязнителей фармацевтических средств и их дериватов.

Формирование базы данных применения лекарственных средств во всех медицинских организациях города, анализ и ранжирование сведений с учетом количественных и фармакокинетических характеристик, опираясь на мировые данные о негативном воздействии на окружающую среду, позволяют своевременно определить локальные характеристики сбросов и качество очистки сточных вод от фармацевтических загрязнителей, а также разработать комплексные экологические решения в рамках мероприятий по охране окружающей среды. Учитывая то, что не одно из лекарственных средств, вызывающих локальную озабоченность потенциального присутствия в сточных водах не отмечено в СанПиН 1.2.3685-21 [9], как требующее мониторинга, актуальность мониторинга на основании подобных баз представляется очевидной.

Особенности использования лекарственных средств за период борьбы с пандемией COVID-19 подтверждают актуальность проблемы разработки и внедрения эффективной методологии мониторинга фармацевтического загрязнения окружающей среды.

Список литературы

1. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China / N. Zhu [et al.] // New England journal of medicine. – 2020. – Vol. 382 (8). – P. 727–733. DOI: 10.1056/NEJMoa2001017

2. Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: The species and its viruses – a statement of the Coronavirus Study Group / A.E. Gorbalenya [et al.] [Электронный ресурс] // BioRxiv. – 2020. – URL: https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.02.07.937862v1 (дата обращения: 18.08.2023).

3. The psychological impact of quarantine and how to reduce it: rapid review of the evidence / S.K. Brooks [et al.] // The lancet. – 2020. – Vol. 395 (10227). – P. 912–920. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30460-8

4. Effects of COVID-19 on the environment: an overview on air, water, wastewater, and solid waste / K. Elsaid [et al.] // Journal of Environmental Management. – 2021. – Vol. 292. – P. 112694. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.112694

5. Concerns and strategies for wastewater treatment during COVID-19 pandemic to stop plausible transmission / S. Kataki [et al.] // Resources, Conservation and Recycling. – 2021. – Vol. 164. – P. 105156. DOI: 10.1016/j.resconrec.2020.105156

6. Environmental challenges of COVID-19 pandemic: resilience and sustainability – a review / A. Ekanayake [et al.] // Environmental Research. – 2023. – Vol. 216 (Pt 2). – P. 114496. DOI: 10.1016/j.envres.2022.114496

7. Idowu G.A., Olalemi A.O., Aiyesanmi A.F. Environmental impacts of COVID-19 pandemic: Release of microplastics, organic contaminants and trace metals from face masks under ambient environmental conditions // Environmental Research. – 2023. – Vol. 217. – P. 114956. DOI: 10.1016/j.envres.2022.114956

8. Жирнов О.П., Чернышова А.И. Фавипиравир: скрытая опасность мутагенного действия // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2021. – Т. 98, № 2. – С. 213–220.

9. О введении в действие новых санитарно-эпидемиологических требований к питьевому водоснабжению / Ю.А. Егорова [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2021. – № 9. – С. 26–30.

Цитоморфологическая оценка клеток бронхоальвеолярной лаважной жидкости при воздействии микро- и наноразмерных частиц алюмината кобальта

М.А. Землянова, А.М. Игнатова, М.С. Степанков, Ю.В. Кольдибекова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Приведены результаты исследования воздействия микро- и наноразмерных частиц алюмината кобальта на клеточный состав и характеристики клеток бронхоальвеолярной лаважной жидкости (БАЛЖ) крыс породы Wistar. Методом анализа изображений установлено, что при воздействии микроразмерных частиц алюмината кобальта снижается доля альвеолярных макрофагов и возрастают доли сегментоядерных нейтрофилов и лимфоцитов. При воздействии наноразмерных частиц доля альвеолярных макрофагов значительнее снижается относительно показателей контроля, при этом увеличивается доля эозинофилов. При воздействии нано- и микроразмерного алюмината кобальта изменяется величина среднего размера альвеолярных макрофагов. Доля более крупных макрофагов (секретирующих и фагоцитирующих – старых форм) возрастает по мере уменьшения размера воздействующих частиц алюмината кобальта. Полученные результаты указывают на более выраженное негативное воздействие наноразмерных частиц алюмината кобальта относительно микроразмерного аналога.

Ключевые слова: наночастицы, алюминат кобальта, цитология, бронхоальвеолярный лаваж, анализ изображений.

Номенклатура загрязняющих веществ, распространяющихся в окружающей среде аэрогенным путем, обширна и в значительной степени определяется территориальными особенностями. Так, на территории Пермского края характерными загрязняющими веществами являются частицы материалов, используемых в метал-

лургической и машиностроительной промышленности, а также образующихся в результате переработки природного рудного или углеводородного сырья [1]. Одним из веществ с потенциально негативным эффектом действия на здоровье человека, распространение которого вероятно на территории Пермского края в силу высокой промышленной развитости, является алюминат кобальта ($CoAl_2O_4$) [2], поэтому изучение воздействия данного вещества на организм человека как ингаляционного агента является актуальной задачей.

Легкие являются воротами входа в организм для загрязняющих веществ, находящихся в воздухе, поэтому при разработке профилактических и лечебных мероприятий, направленных на предотвращение негативного воздействия алюмината кобальта, необходимы сведения о физиологических механизмах его воздействия на дыхательную систему.

Известной практикой при токсикологических исследованиях воздействия ингаляционных агентов в эксперименте является всесторонний анализ бронхоальвеолярной лаважной жидкости (БАЛЖ) лабораторных животных, подвергаемых контролируемой экспозиции. Качественный и количественный клеточный состав БАЛЖ является информативным показателем для понимания механизма нормальных и патологических реакций в дыхательных путях [3]. Опыт авторов [4–6] позволяет утверждать, что анализ БАЛЖ с привлечением анализа изображений и методом статистической обработки способен выявить характерные особенности воздействия частиц вещества, отличающихся размерами, в частности, позволяет выявить особенности воздействия нанодисперсных частиц.

Цель исследования – цитоморфологическая оценка клеток БАЛЖ при воздействии микро- и наноразмерных частиц алюмината кобальта на экспериментальных животных.

Материалы и методы. Экспериментальные животные в исследование представлены крысами породы Wistar (массой 230–250 г). Использовано 30 женских особей, содержащихся в виварии при естественном световом режиме со свободным доступом к воде. Рацион крыс состоял из экструдированных кормовых гранул.

Факторами воздействия, последствия которых оценивались в исследовании, являлись смеси нано- и микроразмерных частиц алюмината кобальта ($CoAl_2O_4$). Наноразмерная смесь состояла из частиц средний размер, которых составлял 844,73 ± 168,5 нм. Микроразмерная смесь состояла из частиц средний размер, которых составлял 4,54 ± 1,48 мкм.

Животных разделили на три группы (по 10 особей): 1-я группа – «контроль», 2-я группа – «сравнение», в данной группе животные подвергались воздействию микроразмерных частиц, 3-я группа – «эксперимент», в данной группе животные подвергались воздействию наноразмерных частиц. Животным 1-й группы однократно внутрилёгочно вводили физиологический раствор в объеме 2 мл. Животным 2-й и 3-й групп однократно внутрилёгочно вводили суспензии частиц алюмината кобальта на основе физиологического раствора также в объеме 2 мл в дозе 5 мг вещества на каждую особь. Таким образом общая площадь поверхности частиц в каждой дозе суспензии, содержащей микроразмерные частицы, составила порядка 15 $см^2$, а для суспензии наноразмерных частиц – 80 $см^2$.

Через 24 ч после однократной внутрилегочной затравки, при использовании эфирного наркоза у всех животных вскрывали мышцы передней поверхности шеи, выделяли трахею и вводили в ее просвет стальную полую иглу с затупленным кон-

цом, которую фиксировали хирургическим зажимом. Через иглу в легкие вводили 2 мл физиологического раствора и тут же отсасывали перфузат, который после переливания в охлажденные пробирки центрифугировали в течение 10 мин (2000 об./мин). Затем сливали надосадочную жидкость и из осадка готовили мазки с последующим окрашиванием по Романовскому – Гимзе. При микроскопировании подсчитывали 200 клеток с каждого мазка.

Осмотр и получение изображений клеток в мазке проводили на поляризационном микроскопе (Nikon Eclipse LV100 NPOL). Анализ изображений для получения морфологических параметров клеток в мазке был проведен в программе ImageJ-Fiji – модуль Analyze Particles (бесплатное программное обеспечение с открытым кодом, разработчик Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA). Устанавливали диаметр клеток (по методу определения диаметра Ферет) и показатель их сферичности [7].

Статистические показатели параметров клеток и поиск достоверных отличий между группами определяли в программной среде Python, использовали библиотеки Matplotlib и Scipy.stats. Проверку нормальности распределения групповых показателей проводили по методу Шапиро – Уилка, наличие статистически значимых различий между средними значениями в группах, данные которых подчинялись нормальному распределению или соответствовали однородности дисперсии по тесту Левена, проводили методом однофакторного анализа ANOVA (анализ дисперсии), в остальных случаях использовали метод Манна – Уитни. Для визуализации распределения и статистических характеристик данных создали гистограмму и график «ящики с усами».

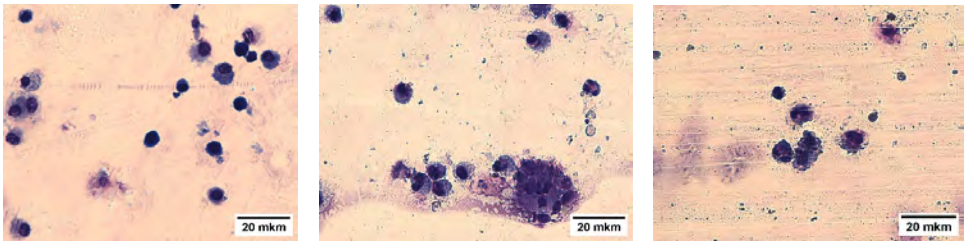
Результаты. Классическим подсчетом количества клеток разного типа в мазках (рис. 1) получена цитологическая характеристика БАЛЖ, которая представлена в табл. 1.

Согласно полученным данным, в группе контроля преобладающими клетками являются альвеолярные макрофаги (АМ) – 82,90 %, что соответствует физиологической норме [8].

Доля АМ в составе БАЛЖ группы сравнения ниже на 22,3 % (60,60 %), при этом возрастают доли остальных клеток, а именно: количество сегментоядерных нейтрофилов (СН) возрастает на 9,44 %, моноцитов (МН) – на 4,45 %, лимфоцитов (ЛМ) – на 1,23 %, а эозинофилов (ЭЗ) – на 1,59 %. Известно, что увеличению доли нейтрофилов в составе БАЛЖ способствуют острые воспалительные реакции [9], но при этом увеличение доли эозинофилов, как правило, указывает на аллергическую реакцию [10]. Следовательно, можно охарактеризовать реакцию на микроразмерные частицы алюмината кобальта как смешанную, с преобладанием признаков воспаления. Рост числа моноцитов и лимфоцитов в данном случае подтверждает наличие признаков острого воспаления.

Доля АМ в составе БАЛЖ группы эксперимента еще ниже, чем в группе сравнения, она составляет 45,90 %, что на 37 % ниже показателей контроля и на 14,7 % ниже показателей группы сравнения. Из данного наблюдения можно сделать вывод, что патологическая реакция в легких усилилась с уменьшением размера действующих частиц. Доли остальных клеток также изменились. Наиболее значительно возросло число сегментоядерных нейтрофилов (СН), их количество составило 33,05 %, что на 17,09 % больше относительно показателей контроля и на 7,65 % относительно показателей группы сравнения. При этом доля моноцитов

(МН) снизилась на 0,54 и на 4,99 % соответственно. Доли лимфоцитов (ЛМ) и эозинофилов (ЭЗ), хоть и достоверно возросли относительно показателей контроля, но не имеют достоверных отличий от показателей группы сравнения. Следовательно, при воздействии наноразмерных частиц наблюдаются достоверные количественные отличия клеточного состава БАЛЖ, соответствующие воспалительной реакции, при этом явных качественных отличий в клеточном составе БАЛЖ в группах эксперимента и сравнения не наблюдается.



а *б* *в*

Рис. 1. Клеточный состав БАЛЖ в эксперименте: *а* – контрольная группа; *б* – группа сравнения; *в* – группа эксперимента

Таблица 1

Клеточный состав БАЛЖ при однократном воздействии микро- и наноразмерного алюмината кобальта, % (метод Манна – Уитни)

Объект исследования	Клетки БАЛЖ				
	альвеолярные макрофаги	сегменто-ядерные нейтрофилы	моноциты	лимфоциты	эозинофилы
Группа контроля	82,90 ± 4,83* ($p = 8{,}48 \cdot 10^{-59}$)	15,96 ± 5,42* ($p = 6{,}40 \cdot 10^{-31}$)	2,06 ± 0,61* ($p = 2{,}62 \cdot 10^{-57}$)	6,13 ± 1,75* ($p = 7{,}49 \cdot 10^{-6}$)	1,49 ± 0,81* ($p = 9{,}28 \cdot 10^{-33}$)
Группа сравнения	60,60 ± 11,35** ($p = 3{,}44 \cdot 10^{-45}$)	25,40 ± 7,48** ($p = 1{,}03 \cdot 10^{-24}$)	6,51 ± 2,62** ($p = 6{,}58 \cdot 10^{-61}$)	7,36 ± 2,70	3,08 ± 1,20
Группа эксперимента	45,90 ± 5,00*** ($p = 4{,}83 \cdot 10^{-67}$)	33,05 ± 1,72*** ($p = 4{,}83 \cdot 10^{-67}$)	1,52 ± 0,88*** ($p = 2{,}63 \cdot 10^{-10}$)	7,52 ± 1,45*** ($p = 6{,}32 \cdot 10^{-14}$)	2,96 ± 1,79*** ($p = 9{,}43 \cdot 10^{-16}$)

Примечание: * – достоверные отличия от группы сравнения; ** – достоверные отличия от группы эксперимента; *** – достоверные отличия от группы контроля.

Согласно современным представлениям о том, как клеточный состав БАЛЖ меняется при различных патологических процессах, важным аспектом является не только общая доля альвеолярных макрофагов, но «макрофагальная формула», показывающая соотношение АМ в различном структурно-функциональном состоянии [11]. По данным исследования В.П. Филипова [12], в норме процентное содержание различных субпопуляций макрофагов в материале БАЛЖ следующее: молодые АМ (неактивированные – 21,9; биосинтезирующие – 15,0); зрелые АМ (фагоцитирующие – 38,8; секретирующие – 3,3; со смешанной функцией – 21,0). При различных патологических процессах соотношения этих субпопуляций АМ могут быть различными, как правило, иммунные реакции проявляются через рост числа зрелых

форм АМ, поэтому мы предполагаем, что и при воздействии нано- и микроразмерного вещества данное соотношение может быть показательным и иметь дифференциально-диагностическое значение.

Известно, что АМ, относящиеся к различным субпопуляциям, имеют различные размеры в диапазоне от 12 до 40 мкм, причем зрелые клетки (секретирующие и фагоцитирующие) крупнее молодых [13]. Следовательно, воспалительные реакции будут сопровождаться увеличением среднего размера макрофага.

Методом анализа изображений были получены данные о размерах АМ, обнаруженных в мазках БАЛЖ. Результаты представлены в табл. 2 и на рис. 2 и 3.

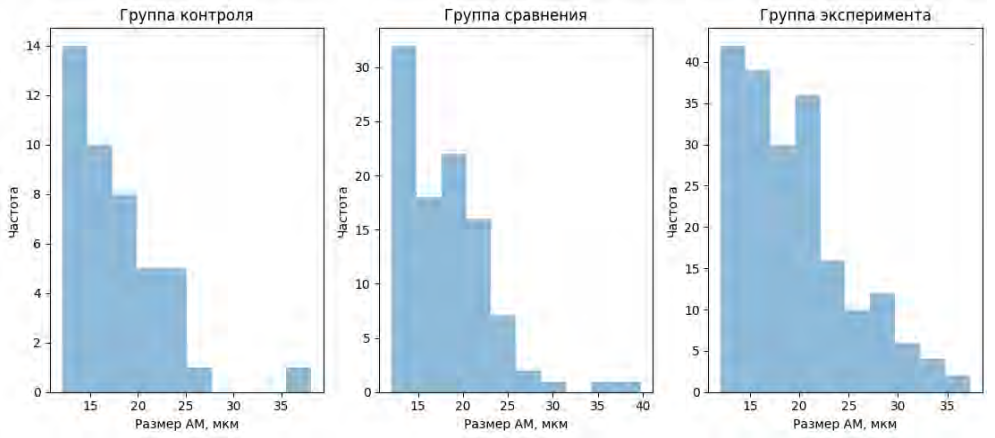
В группе контроля размер альвеолярных макрофагов в среднем составил 17,61 ± 4,99 мкм, достоверных отличий по данному параметру с группой сравнения, где средний размер тех же клеток составил 18,10 ± 4,84 мкм, не было обнаружено. В группе эксперимента размер альвеолярных макрофагов составил 19,52 ± 5,52 мкм – это достоверно отличается и от показателя группы сравнения, и от показателя группы контроля.

Таблица 2

Характеристика среднего размера альвеолярных макрофагов в составе БАЛЖ при однократном воздействии микро- и наноразмерного алюмината кобальта, мкм (анализ ANOVA)

Объект исследования		
группа контроля	группа сравнения	группа эксперимента
17,61 ± 4,99** (p = 0,0306)	18,10 ± 4,84	19,52 ± 5,52* (p = 0,0364)

Примечание: * – достоверные отличия от группы сравнения; ** – достоверные отличия от группы эксперимента.



а *б* *в*

Рис. 2. Гистограмма распределения альвеолярных макрофагов по размерам в БАЛЖ, полученных от животных в группах: *а* – группа контроля; *б* – группа сравнения; *в* – группа эксперимента

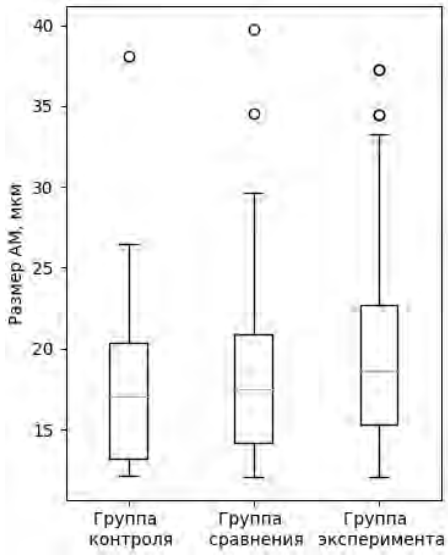


Рис. 3. Средний размер альвеолярных макрофагов в составе БАЛЖ экспериментальных животных

Выводы. Цитоморфологическая оценка клеток БАЛЖ при воздействии микро- и наноразмерных частиц алюмината кобальта на экспериментальных животных показала, что воздействие указанных частиц способствует проявлению острой воспалительной реакции в легких. С уменьшением размера частиц тяжесть воспалительной реакции усиливается, при этом воздействие наноразмерных частиц способствует изменению соотношения субпопуляций альвеолярных макрофагов в пользу зрелых форм клеток. Полученные результаты указывают, что негативное воздействие наноразмерных частиц алюмината кобальта более интенсивно, по сравнению с микроразмерным аналогом.

Список литературы

1. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития: монография / Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцева, И.В. Май [и др.]; под общей ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2014. – 738 с. – ISBN 978-5-398-01344-3.

2. Оценка химического загрязнения питьевой воды централизованных источников водоснабжения токсичными металлами (на примере Пермского края) / М.А. Землянова, Д.Л. Мазунина, Л.В. Рудакова // Вода: химия и экология. – 2014. – № 10 (76). – С. 113–118.

3. Матичин А.А., Кательникова А.Е., Крышень К.Л. Особенности отбора бронхоальвеолярного лаважа у лабораторных животных // Лабораторные животные для научных исследований. – 2019. – № 4. DOI: 10.29296/2618723X-2019-04-06

4. Патент № 2693470 C1 Российская Федерация, МПК G01N 33/483. Способ расчета степени повреждения поверхности альвеолярного макрофага от воздействия частиц оксида алюминия: № 2018124414: заявл. 03.07.2018: опубл. 03.07.2019 / Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, Ю.В. Кольдибекова [и др.]; заяви-

тель ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

5. Землянова М.А., Игнатова А.М. Морфология альвеолярных макрофагов при однократном интратрахеальном введение нано- и микроразмерных частиц оксида кальция // Гигиена, экология и риски здоровью в современных условиях: материалы X Юбилейной межрегиональной научно-практической online-конференции молодых ученых и специалистов с международным участием, Саратов, 27–29 мая 2020 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2020. – С. 90–93.

6. Игнатова А.М. Алгоритм обработки изображений тонкослойной компьютерной томографии легких человека для создания трехмерной модели внешних контуров бронхиального дерева // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2017. – № 64. – С. 23–28. – DOI: 10.12737/article_593602ecdf4639.95473036

7. Игнатова А.М., Игнатов М.Н. Методология оценки морфометрических параметров частиц аэродисперсных систем калийных солей // Актуальные проблемы охраны труда и безопасности производства, добычи и использования калийно-магниевых солей: материалы I Международной научно-практической конференции, Пермь, 14–15 мая 2018 года / под ред. Г.З. Файнбурга. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2018. – С. 453–464.

8. Poitout-Belissent F., Grant S.N., Tepper J.S. Aspiration and Inspiration: Using Bronchoalveolar Lavage for Toxicity Assessment // Toxicologic Pathology. – 2021. – № 49 (2). – P. 386–396. DOI: 10.1177/0192623320929318

9. Hawkins E.C., DeNicola D.B., Kuehn N.F. Bronchoalveolar lavage in the evaluation of pulmonary disease in the dog and cat. State of the art // J Vet Intern Med. – 1990. – № 4 (5). – P. 267–274.

10. Flt-3 ligand reverses late allergic response and airway hyper-responsiveness in a mouse model of allergic inflammation / J.H. Edwan, G. Perry, J.E. Talmadge, D.K. Agrawal // J Immunol. – 2004. – T. 172 (8). – P. 5016–5023.

11. Лепеха Л.Н. Макрофаги и дендритные клетки легких // Респираторная медицина / под ред. А.Г. Чучалина. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – Т. 1. – С. 174–186.

12. Филипов В.П. Бронхоальвеолярный лаваж при диффузных поражениях легких. – М.: Медицина, 2006. – 200 с.

13. Macrophages sequentially change their functional phenotype in response to changes in microenvironmental influences / R.D. Stout, C. Jiang, B. Matta [et al.] // J Immunol. – 2005. – Vol. 175 (1). – P. 342–349.

Особенности иммунной регуляции у взрослого населения крупного промышленного центра Восточной Сибири

Ю.А. Челакова[1], О.В. Долгих[1,2]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2] ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
г. Пермь, Россия

Представлены особенности иммунной регуляции и специфической сенсибилизации у взрослого населения Восточной Сибири, проживающего в условиях экспозиции химическими факторами риска. В группу наблюдения вошли 129 человек, которые постоянно проживают в крупном промышленном центре Восточной Сибири в условиях техногенного загрязнения воздушной среды тяжелыми металлами. Группу сравнения составили 60 человек, проживающих на «условно чистой» территории данного региона. Результаты сравнительного анализа состояния иммунной регуляции у взрослого населения, экспонированного тяжелыми металлами, показали повышенный уровень контаминации биосред металлами, избыточность продукции сывороточных иммуноглобулинов G, A, M, гиперэкспрессию кластеров клеточной дифференцировки $CD127^-$, $CD25^+$ и $CD95^+$-лимфоцитов, напряженность цитокинового профиля (IL-1β и IL-8), а также избыточный уровень специфической сенсибилизации к алюминию, свинцу, марганцу и хрому. Выявленные изменения характеризуют дисбаланс иммунной регуляции, достоверно ассоциированный с контаминацией техногенными гаптенами, в том числе алюминием и свинцом (алюминий-IgG-специфический к алюминию, *OR* = 2,30; 95 % *Cl* = 1,20–4,41); свинец-IgG-специфический к свинцу, *OR* = 3,22; 95 % *Cl* = 1,70–6,08) у взрослого населения группы наблюдения.

Ключевые слова: иммунная регуляция, взрослое население, тяжелые металлы, специфическая сенсибилизация, Восточная Сибирь.

Проблема аэрогенного загрязнения металлами городской среды в зонах влияния выбросов предприятий промышленного комплекса на здоровье населения приводит к формированию патологических реакций и нарушению механизмов иммунной реактивности. Экспозиция соединениями тяжелых металлов формирует токсические эффекты на иммунокомпетентные клетки, модифицирует продукцию защитных медиаторов (кининов), а также генерирует развитие сенсибилизирующих эффектов и проявлений аллергических заболеваний [1]. Экспериментально доказано, что алюминийсодержащие соединения вызывают клеточную гибель по пути некроза или апоптоза, а в наномолярных и микромолярных концентрациях алюминий усиливает специфические нейровоспалительные и проапоптотические сигнальные каскады [2]. Так, в исследовании M. Luo показано, что соединения алюминия повышают уровень IgG, усиливают гуморальный иммунитет, стимулируя Th2-ответ у животных [3]. В работе В.М. Прусакова установлено влияние тяжелых металлов на цитокиновую продукцию, например, свинец может менять тип иммунных реакций с Th1- на Th2-тип с повышением продукции различных интерлейкинов, таких как IL-4, IL-6, IL-10, а также может изменять продукцию иммуноглобу-

линов, процессы апоптоза, фагоцитоза, формирует состояние иммунологической недостаточности, аутоиммунные процессы и аллергические реакции [4]. Исследование особенностей изменения функциональных показателей системы иммунной регуляции в условиях интенсивного техногенного освоения среды обитания определяется необходимостью мониторинга уровня здоровья населения, выявления адаптационного потенциала организма, а также маркеров эффекта и чувствительности к химическим факторам внешнесредового окружения [5].

Цель исследования – оценка особенностей иммунной регуляции и специфической гиперчувствительности у взрослого населения Восточной Сибири, проживающего в условиях крупного промышленного центра.

Материалы и методы. В ходе исследования было обследовано взрослое население в возрасте 25–35 лет, постоянно проживающее в крупном промышленном центре в условиях техногенного загрязнения воздушной среды тяжелыми металлами. В группу наблюдения вошли 129 человек (7 мужчин, 122 женщины), постоянно проживающие в зоне воздействия выбросов промышленных объектов. Группу сравнения составили 60 человек (2 мужчин, 58 женщин), проживающих вне воздействия вредных техногенных факторов. Группы были сопоставимы по полу, возрасту, соматической заболеваемости.

Исследование крови на содержание массовых концентраций химических элементов (алюминий, свинец, марганец, хром) в биосредах выполнялось методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на масс-спектрометре Agilent 7500cx (Agilent Technologies Inc., США) в соответствии с МУК 4.1.3230–14 «Измерение массовых концентраций химических элементов в биосредах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой».

Определение сывороточных иммуноглобулинов классов A, M, G осуществляли методом радиальной иммунодиффузии по Манчини.

Определение специфических антител к алюминию, свинцу, марганцу и хрому определяли методом аллергосорбентного тестирования с ферментной меткой.

Содержание в сыворотке крови цитокинов (IL-8 и IL-1β) измеряли методом иммуноферментного анализа с использованием тест-системы фирмы «Вектор-Бест» (Россия) на анализаторе TECAN Sunrise (Австрия).

Относительное количество субпопуляций и популяций лимфоцитов определяли с помощью флюоресцентно меченых моноклональных антител, связывающихся с определенными CD-рецепторами: CD127-, CD25+, CD95+. Анализ проводили на проточном цитофлуориметре BD FACSCalibur™ (США) с использованием программного обеспечения CellQuestPro и MultiSET.

Статистический анализ данных осуществляли с помощью программы Statistica 6.0 (StatSoft, США). Для статистической обработки результатов исследования применялись метод описательной статистики (*t*-критерий Стьюдента), результаты логистического моделирования представлены в виде коэффициента детерминации (R^2). Для оценки связи исследуемых ответов с воздействием факторов рассчитывали отношение шансов (*OR*) и 95%-ный доверительный интервал (*Cl*) для отношения шансов. Достоверность отличий считали значимыми при $p \leq 0{,}05$.

Результаты. Результаты химико-аналитического исследования показали присутствие контаминантов в крови обследованной группы городского населения с повышенным содержанием алюминия в 98 % случаев, марганца – в 13,5 % случаев, хрома – в 16,2 % случаев, свинца – в 27 % случаев относительно фоновых уровней.

При этом отмечено достоверное превышение концентраций гаптенов в моче относительно показателей группы сравнения. Так, концентрация алюминия превышена в 2,11 раза (группа наблюдения $0{,}0169 \pm 0{,}0064$ мг/дм^3, группа сравнения $0{,}008 \pm 0{,}003$ мг/дм^3, $p \leq 0{,}05$), марганца – в 1,82 раза (группа наблюдения $0{,}00069 \pm 0{,}0003$ мкг/см^3, группа сравнения $0{,}00038 \pm 0{,}00009$ мкг/см^3).

По результатам иммунологического обследования взрослого населения в условиях экспозиции тяжелыми металлами установлены изменения врожденного и адаптивного иммунитета (таблица).

Особенности иммунной регуляции у взрослого населения в условиях экспозиции тяжелыми металлами

Показатель	Референтный интервал	Группа наблюдения (n = 129), $M \pm m$	Группа сравнения (n = 60), $M \pm m$
CD3+CD25+-лимфоциты, 10^9/дм^3	0,19–0,56	0,216 ± 0,063**	0,193 ± 0,062
CD3+CD25+-лимфоциты, %	13–24	10,026 ± 3,14*/**	10,460 ± 3,12
CD3$^+$CD95$^+$-лимфоциты, 10^9/дм^3	0,63–0,93	0,812 ± 0,113**	0,620 ± 0,200
CD3$^+$CD95$^+$-лимфоциты, %	39–49	43,632 ± 6,56**	34,180 ± 8,07
CD4$^+$CD25$^+$CD127$^-$-лимфоциты, 10^9/дм^3	0,015–0,040	0,075 ± 0,025*/**	0,024 ± 0,009
CD4$^+$CD25$^+$CD127$^-$-лимфоциты, %	0,8–1,2	3,599 ± 0,85*/**	1,374 ± 0,61
IgG, г/дм^3	10–13	17,319 ± 0,70**	12,025 ± 0,83
IgA, г/дм^3	1,1–2	2,678 ± 0,164**	2,083 ± 0,202
IgM, г/дм^3	1,1–1,5	1,662 ± 0,081**	1,451 ± 0,104
IgE специфический к марганцу, МЕ/мл	0–1,21	0,312 ± 0,068**	0,191 ± 0,041
IgE специфический к хрому, МЕ/мл	0–1,01	0,302 ± 0,082**	0,116 ± 0,039
IgG специфический к алюминию, усл. ед.	0–0,1	0,211 ± 0,046*/**	0,068 ± 0,021
IgG специфический к свинцу, усл. ед.	0–0,1	0,203 ± 0,048*/**	0,172 ± 0,051
IL-1β, пг/мл	0–6	2,994 ± 1,82**	0,673 ± 0,263
IL-8, пг/мл	0–6	7,07 ± 1,44**	4,81 ± 1,85

Примечание: * – разница достоверна относительно референтного интервала ($p < 0{,}05$); ** – разница достоверна относительно группы сравнения ($p < 0{,}05$).

При сравнительном анализе с референтным интервалом показано соответствие параметров CD-иммунограммы за исключением достоверно повышенного абсолютного (у 47,5 %) и относительного (у 68,4 %) количества регуляторных CD127$^-$-лимфоцитов у обследованного контингента ($p \leq 0{,}05$), а также снижение содержания CD25$^+$-лимфоцитов у 57,9 % группы наблюдения ($p \leq 0{,}05$). Отмечено возрастание как абсолютного (в 3,13 раза), так и относительного (в 2,62 раза) количества CD127$^-$-лимфоцитов относительно показателей группы сравнения ($p \leq 0{,}05$), а также Т-активированных лимфоцитов CD25$^+$ (абсолютных – в 1,12) и рецептора клеточной гибели CD95$^+$ (абсолютных – в 1,31 раза, относительных – в 1,28 раза) относительно группы сравнения ($p \leq 0{,}05$).

Оценка отношения шансов продемонстрировала связь техногенных гаптенов с повышением концентрации регуляторных абсолютных CD127$^-$-лимфоцитов (OR = 13,9; 95 % CI = 3,90–49,55) и регуляторных относительных CD127-лимфоцитов у взрослого населения группы наблюдения (OR = 15,84; 95 % CI = 5,76–43,56).

В результате логистического моделирования установлена статистически значимая вероятностная причинно-следственная связь между увеличением концентрации алюминия в моче и повышением концентрации CD95$^+$-лимфоцитов (R^2 = 0,26–0,79;

$p \leq 0{,}05$), а также связь между увеличением концентрации хрома в крови и повышением концентрации $CD127^-$-лимфоцитов ($R^2 = 0{,}14$; $p \leq 0{,}05$).

Выявлена повышенная экспрессия сывороточных иммуноглобулинов по отношению к группе сравнения: концентрация IgG повышена в 1,44 раза, IgA – в 1,29 раз, IgM – в 1,15 раза ($p \leq 0{,}05$).

Оценка отношения шансов продемонстрировала связь техногенных гаптенов с повышением концентрации IgG (*OR* = 1,25; 95 % *Cl* = 0,66–2,37), IgA (*OR* = 2,93; 95 % *Cl* = 1,22–7,05) и IgM у взрослого населения группы наблюдения (*OR* = 2,44; 95 % *Cl* = 0,52–11,49).

В результате логистического моделирования установлена статистически значимая вероятностная причинно-следственная связь между увеличением концентрации алюминия в моче и увеличением содержания IgG и IgA ($R^2 = 0{,}20$–$0{,}30$; $p \leq 0{,}05$).

Анализ цитокиновой регуляции IL-1β и IL-8 позволил установить, что наблюдается превышение концентрации данных показателей относительно группы сравнения в 4,45 и 1,47 раза соответственно ($p < 0{,}05$), что указывает на избыточную активацию воспалительного процесса.

В результате логистического моделирования установлена статистически значимая вероятностная причинно-следственная связь между увеличением концентрации алюминия в моче и возрастанием концентрации IL-8 при ($R^2 = 0{,}68$; $p \leq 0{,}05$).

Одновременно показано возрастание уровня специфической сенсибилизации по критерию специфических IgG к алюминию и свинцу (у 49,6 и 68,8 % соответственно) у обследованного контингента при сравнении с референтным интервалом ($p \leq 0{,}05$). Также выявлено повышение относительно группы сравнения уровня специфических IgG к алюминию и свинцу в 3,1 и 1,18 раза соответственно, а также уровня специфических IgE к марганцу и хрому в 1,63 и 2,6 раза соответственно ($p \leq 0{,}05$).

Оценка отношения шансов продемонстрировала связь уровня контаминации техногенными гаптенами (алюминия и свинца) с повышением концентрации IgG специфического к алюминию (*OR* = 2,30; 95 % *Cl* = 1,20–4,41) и IgG специфического к свинцу у взрослого населения группы наблюдения (*OR* = 3,22; 95 % *Cl* = 1,70–6,08). В результате логистического моделирования установлена статистически значимая вероятностная причинно-следственная связь между увеличением концентрации алюминия в моче и увеличением содержания IgG специфического к алюминию ($R^2 = 0{,}41$; $p \leq 0{,}05$).

Выводы. По результатам проведенного иммунологического обследования у взрослого населения, проживающего на промышленно развитой территории Восточной Сибири в условиях аэрогенной экспозиции тяжелыми металлами, выявлен дисбаланс в системах клеточного и гуморального иммунитета.

Наблюдаемая экспрессия Т-лимфоцитов, повышенная продукция IL-1β и IL-8 и сывороточных антител сопряжены с длительной аэрогенной экспозицией соединений алюминия, свинца, марганца и хрома, что подтверждается повышенной специфической сенсибилизацией к данным поллютантам. Выявленная в нашем исследовании хроническая активация иммунного ответа характеризуется наличием риска формирования нарушений иммунной регуляции, что может в дальнейшем реализоваться в виде развития иммунодефицитных состояний и аутоиммунных процессов.

В настоящей работе установлено, что особенностями эффекта условий аэрогенной экспозиции тяжелыми металлами на показатели иммунной реактивности являются преимущественно процессы активации компартментов клеточного и гуморального иммунитета, что может быть обусловлено компенсаторной мобилизацией регуляторных систем организма, обеспечивающих адаптационный потенциал в условиях дестабилизации среды обитания.

Список литературы

1. Ревич Б.А. Экологические приоритеты и здоровье: социально уязвимые территории и группы риска // Экология человека. – 2010. – № 7. – С. 3–9.

2. Johnson V.J., Kim S.H., Sharma R.P. Aluminum-maltolate induces apoptosis and necrosis in neuro-2a cells: potential role for p53 signaling // Toxicological Sciences. – 2005. – Vol. 83 (2). – P. 329–339.

3. Luo M. Simultaneous enhancement of cellular and humoral immunity by the high salt formulation of $Al(OH)^3$ adjuvant // Cell Research. – 2017. – Vol. 27. – P. 586–589.

4. Прусаков В.М., Прусакова А.В. Динамика адаптационных процессов и риска заболеваемости населения на территории промышленных городов // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 5. – С. 79–87.

5. Зайцева Н.В., Долгих О.В., Дианова Д.Г. Особенности иммунологических и генетических нарушений человека в условиях дестабилизации среды обитания. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – 300 с.

Установление вероятных ответов со стороны здоровья населения, ассоциированных с влиянием метеорологических факторов

А.А. Хасанова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Описан процесс установления вероятных негативных ответов со стороны здоровья населения, ассоциированных с влиянием метеорологических факторов, для дальнейшей количественной оценки риска здоровью населения. Установлено, что в качестве ответов могут быть использованы негативные реакции, обладающие климаточувствительностью, связь которых подтверждена наличием статистически достоверных и биологически правдоподобных причинно-следственных связей с анализируемым метеофактором в условиях экспозиции выше порогового уровня или выходящей за пределы диапазона комфорта.

Ключевые слова: метеорологические факторы, климат, оценка риска для здоровья, вероятные ответы.

В соответствии с Федеральным законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» к факторам среды обитания, наряду с биологическими, химическими, физическими и социальными, относятся факторы, которые оказывают или могут оказывать воздействие на человека и (или) на состояние здоровья будущих поколений. К ним целесообразно отнести климатические факторы, определяющие жизнедеятельность человека, включая сохранение и развитие его биологических, психологических и физиологических функций, оказывающие влияние не только на его здоровье, но и на работоспособность и социальную активность, представляя собой определенный фон жизнедеятельности [1–5].

По данным многолетних наблюдений, выполняемых Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, среднегодовая температура воздуха на территории Российской Федерации с 1970-х гг. растет в среднем на 0,51 °С за 10 лет (темп роста температуры увеличился на 0,04 °С по сравнению с 2019 г.), что превышает темпы роста средней глобальной температуры воздуха (0,18 °С за 10 лет) [6].

В соответствии с Климатической доктриной Российской Федерации к отрицательным последствиям ожидаемых изменений климата для Российской Федерации относится повышение риска для здоровья населения (увеличение уровня заболеваемости и смертности) [7]. Оценка рисков и связанных с ними потерь рассматриваются как важнейшие составляющие при разработке и планировании мер по адаптации к изменениям климата, в том числе в рамках реализации национальных планов мероприятий адаптации к изменениям климата и отраслевых планов адаптации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения [8, 9].

В соответствии с Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» риск здоровью представляет собой вероятность нанесения вреда жизни или здоровью человека либо угрозы жизни или здоровью будущих поколений, в том числе с учетом тяжести этого вреда. Оценка риска здоровью человека – это количественная и (или) качественная характеристика вредного воздействия на человека, способного развиться в результате воздействия факторов среды обитания на человека при определенных условиях [10]. Ключевым элементом являются негативные реакции со стороны здоровья человека, способные развиться в результате влияния факторов, в том числе метеорологических. Их достоверное установление является крайне важным, так как результаты оценки риска позволяют выявить органы и системы, наиболее подверженные влиянию метеофакторов, и на которые следует обратить наибольшее внимание при планировании и проведении мероприятий по адаптации с целью сохранения здоровья населения [3].

Цель исследования – описать процесс установления вероятных негативных ответов со стороны здоровья населения, ассоциированных с влиянием метеорологических факторов, для дальнейшей оценки риска здоровью населения.

Материалы и методы. В качестве методического базиса использованы основные положения МР 2.1.10.0057-12 «Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска» и Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [10, 11], а также результаты систематического обзора и анали-

за отечественных и зарубежных исследований в базах данных Scopus, Web of Science, CyberLeninka, eLibrary, Google Scholar, NCBI PubMed.

Результаты. Первоначально по результатам анализа данных научной литературы составляется полный перечень возможных негативных реакций со стороны организма человека, обусловленных влиянием анализируемого метеорологического фактора.

В качестве негативных реакций рассматриваются заболевания и донозологические изменения, в том числе отклонения клинико-лабораторных показателей от нормы. При этом могут быть использованы только те негативные изменения, которые обладают чувствительностью к климатическим факторам. В соответствии с действующими МР 2.1.10.0057-12 заболевание, характеризующееся чувствительностью к климатическим факторам (климаточувствительное заболевание), – заболевание, тесно связанное с метеорологическими и / или климатическими факторами, что находит отражение в показателях территориальной заболеваемости, смертности или других показателях состояния здоровья населения и сезонном характере передачи заболеваний [11]. В качестве климаточувствительных ответов могут быть использованы заболевания, приведенные в действующих МР 2.1.10.0057-12 в рамках перечня наиболее распространенных заболеваний, характеризующихся чувствительностью к климатическим факторам, а также те, для которых по результатам анализа литературы установлено наличие связей с анализируемым метеофактором. Например, по данным анализа литературы установлено, что суточные перепады атмосферного давления могут способствовать формированию риска для здоровья населения, обусловленного нарушением функций сердечно-сосудистой системы, а именно обострению течения артериальной гипертензии, поражению сосудов мозга, цереброваскулярных заболеваний, стенокардии [12–15].

При составлении перечня вероятных ответов также устанавливаются показатели метеорологических факторов, наиболее информативные в отношении формирования риска для здоровья населения. Показатели могут быть представлены как для характеристики влияния одного метеофактора, так и для комплексного влияния нескольких факторов, что является особенностью установления ответов для здоровья населения, обусловленных влиянием метеорологических факторов. Так, к метеорологическим показателям, используемым для оценки влияния, например температуры атмосферного воздуха, относятся среднегодовая температура, среднесуточная температура, межсуточные перепады температуры, максимальная суточная температура и др.; показателями влажности воздуха могут выступать абсолютная и относительная влажность воздуха; показателями для оценки фактора атмосферного давления могут быть минимальные / максимальные суточные значения атмосферного давления (за многолетний период), амплитуда колебания месячных и суточных величин и др. В качестве показателей комплексного влияния нескольких метеорологических факторов могут быть использованы биоклиматические индексы, включающие значения двух или более метеорологических величин и явлений, такие как температурно-влажностные показатели (например, эффективная температура (ЭТ), различные индексы дискомфорта), температурно-ветровые или индексы холодного стресса (например, ветрохолодовой индекс по Сайплу, индекс суровости погоды по Бодману, индекс ветрового охлаждения по Хиллу; коэффициент жесткости погоды по Осокину и др.), температурно-влажностно-ветровые (например, эквивалентно-эффективная температура

(ЭЭТ), нормальная эквивалентно-эффективная температура (НЭЭТ) и др.), температурно-влажностно-ветровые с учетом солнечной радиации (например, радиационная эквивалентно-эффективная температура (РЭЭТ), биологически активная температура (БАТ) и др.) и др. [16].

Кроме того, могут быть установлены наиболее чувствительные группы населения, обладающие более высокой степенью восприимчивости к воздействию анализируемого метеофактора. К ним могут относиться лица пожилого возраста (60 лет и старше); лица с хроническими заболеваниями, страдающие болезнями органов дыхания, кровообращения, болезнями нервной, мочевыделительной и эндокринной систем; лица, работающие на открытом воздухе, и др. [11].

Для того чтобы установленные ответы могли быть использованы при дальнейшем проведении оценки риска для здоровья населения, обусловленного влиянием метеорологических факторов, необходимо установить количественные параметры, характеризующие достоверные связи воздействия выделенного показателя на распространенность установленных климаточувствительных ответов.

Наличие формализованных причинно-следственных связей между показателями экспозиции метеофакторов и состоянием здоровья населения является одним из обязательных условий проведения количественной оценки риска здоровью населения, обусловленного влиянием метеорологических факторов. Формализация достигается за счет математической обработки результатов исследований и получения по ее результатам параметров математических моделей, описывающих процессы формирования нарушений здоровья, связанных с воздействием анализируемых факторов. В качестве параметров могут быть использованы величины, характеризующие порог / диапазон действия фактора, и величины, характеризующие вероятность нарушения здоровья на единицу изменения фактора.

Количественные показатели, характеризующие связи между величиной экспозиции метеорологических факторов и ассоциированными ответами, могут быть установлены по результатам анализа релевантных данных научной литературы в области моделирования причинно-следственных связей между метеорологическими факторами и состоянием здоровья населения. При этом предпочтение отдается параметрам, опубликованным в рецензируемых научных изданиях или нормативно-методических документах регионального или федерального уровня, которые отвечают следующим условиям:

1. Установленные параметры должны характеризовать количественные зависимости вероятности формирования негативных ответов со стороны здоровья населения от уровня экспозиции метеофакторов выше порогового уровня или выходящие за пределы диапазона комфорта.

Пороговый уровень, представляет собой минимальный уровень экспозиции, при котором могут регистрироваться негативные эффекты для здоровья населения. В качестве данной величины принимается максимальный уровень экспозиции, при котором отсутствует статистически значимое увеличение частоты или выраженности неблагоприятных эффектов для здоровья населения. При использовании границ диапазонов предполагается, что в пределах некоторого диапазона экспозиции фактора вероятность возникновения негативных ответов пренебрежимо мала, а выше и ниже его границ возникают негативные эффекты для здоровья населения.

2. Показатель должен характеризовать ответы, возникающие на единицу изменения экспозиции.

Предпочтение отдается тем моделям, в которых в качестве экспозиции анализируемого метеорологического фактора используются те же показатели, которые были установлены для данного фактора в качестве наиболее информативных в отношении наличия связей, позволяющих охарактеризовать потенциальную опасность для здоровья человека, обусловленного их влиянием.

3. Параметры для количественной оценки риска должны предусматривать четко идентифицированные ответы.

Это связано с тем, что про проведении количественной оценки риска в качестве исходных данных по заболеваемости населения используются данные о количестве обратившихся за медицинской помощью по причинам болезней отдельных нозологических форм по классам болезней в соответствии с МКБ.

4. Статистическая значимость связей.

Все установленные связи должны быть достоверными в соответствии с принятыми методами статистической обработки данных. Отбираются показатели, характеризующие метеорологический фактор, имеющие значимые достоверные связи с показателями, характеризующими ответы со стороны здоровья населения. Недостоверные незначимые связи исключаются из дальнейшего анализа.

5. Биологическая адекватность математических моделей.

Анализ биологической адекватности математических моделей предполагает оценку их биологического правдоподобия. Чаще всего моделирование зависимостей выполняется с использованием методов статистического анализа и может привести к созданию формальных моделей, не отражающих реальные биологические процессы. В связи с этим при моделировании, помимо статистических критериев адекватности и достоверности моделей, необходимо проводить экспертное исследование зависимостей на их биологическое правдоподобие.

Биологическое правдоподобие – критерий, согласно которому наблюдаемая ассоциация, предположительно причинно-следственная, согласуется с существующими биологическими или медицинскими знаниями. В отношении математических моделей для количественной оценки климатических рисков для оценки биологического правдоподобия целесообразной является оценка наличия патогенетических механизмов развития нарушений здоровья под воздействием метеорологических факторов. По результатам проводимой экспертизы заведомо ложные связи (ложные корреляции), не отвечающие приведенным условиям (гипотезам), исключаются из дальнейшего анализа.

По результатам анализа данных научной литературы устанавливаются количественные показатели, характеризующие наличие связей между величиной экспозиции метеорологического фактора и ассоциированными ответами. Если такие связи были установлены, то количественные показатели и ассоциированные с ними ответы используются для дальнейшей оценки риска, а если нет – то они могут быть установлены с помощью математического моделирования в ходе проведения собственных исследований.

Выводы. По результатам проведенного исследования описан процесс установления вероятных негативных ответов со стороны здоровья населения, ассоциированных с влиянием метеорологических факторов, для дальнейшей количественной оценки риска здоровью населения. Установлено, что в качестве ответов могут быть использованы негативные реакции, обладающие климаточувствительностью, связь которых подтверждена наличием статистически достоверных и биологически

правдоподобных причинно-следственных связей с анализируемым метеофактором в условиях экспозиции выше порогового уровня или выходящей за пределы диапазона комфорта.

Список литературы

1. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон Российской Федерации (с изменениями на 30 мая 2023 года) [Электронный ресурс] // Консорциум Кодекс. – URL: https://docs.cntd.ru/document/901729631 (дата обращения: 06.08.2023).

2. Климатические и химические факторы риска здоровью населения регионов арктической и субарктической зон: популяционный и субпопуляционный уровни / С.В. Клейн, М.А. Землянова, Ю.В. Кольдибекова, М.В. Глухих // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 3. – С. 39–52.

3. Методические подходы к оценке риска здоровью населения в условиях сочетанного воздействия климатических факторов и обусловленного ими химического загрязнения атмосферы / П.З. Шур, А.А. Хасанова, М.Ю. Цинкер, Н.В. Зайцева // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 58–68.

4. Ревич Б.А. Изменение климата в России – проблемы общественного здоровья // Общественное здоровье. – 2021. – Т. 1, № 4. – С. 5–14.

5. The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment [Электронный ресурс] / A. Crimmins, J.L. Balbus, C.B. Gamble, C.B. Beard, J.E. Bell, D. Dodgen, R.J. Eisen, N. Fann [et al.]. – Washington, DC, U.S. Global Change Research Program, 2016. – URL: https://health2016.globalchange.gov/ (дата обращения: 05.08.2023).

6. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В.М. Катцова; Росгидромет. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2022. – 676 с.

7. О климатической доктрине Российской Федерации: Распоряжение Президента Российской Федерации от 17.12.2009 г. № 861-рп [Электронный ресурс]. – URL: http://government.ru/docs/all/70631/ (дата обращения: 05.08.2023).

8. Об утверждении национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года: Распоряжение Правительства РФ от 25.12.2019 № 3183-р (ред. от 17.08.2021) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_342408/f62ee45faefd8e2a11d6d88941ac66824f848bc2/ (дата обращения: 05.08.2023).

9. Отраслевой план мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения на 2022 год [Электронный ресурс]. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/f12/53dq5cou6rpm1w6sfab1ezvpqg8aiccc/Otraslevoy-plan-po-klimatu.pdf (дата обращения: 05.08.2023).

10. Р 2.1.10.1920–04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

11. МР 2.1.10.0057-12. Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска / утв. и введ. в действие Руководителем Федеральной службы

по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 17 января 2012 г. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 48 с.

12. Беляева В.А. Влияние факторов космической и земной погоды на частоту вызовов скорой медицинской помощи к пациентам с острым нарушением мозгового кровообращения // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 4. – С. 76–82.

13. Галичий В.А. Сезонный фактор в проявлениях сердечно-сосудистой патологии // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2017. – № 1 (51). – С. 7–17.

14. Григорьева Е.А., Кирьянцева Л.П. Кардиореспираторная патология, вызываемая сезонными изменениями погоды, и меры по ее профилактике // Информационный бюллетень «Здоровье населения и среда обитания». – 2016. – № 2. – С. 7–10.

15. Хасанова А.А. Влияние перепадов атмосферного давления на здоровье населения Арктических регионов Российской Федерации // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения – 2022: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием. – Пермь, 2022. – С. 27–33.

16. Андреев С.С. Биоклиматические показатели (индексы) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2007. – № 2. – С. 109–111.

Кардиотоксическое действие свинца и его ослабление при применении различных профилактических мер

С.В. Клинова[1], Л.И. Привалова[1], И.А. Минигалиева[1], М.П. Сутункова[1], Ю.В. Рябова[1], А.А. Балакин[2], О.Н. Лисин[2], О.Н. Лукин[2], Ю.Л. Проценко[2], Б.А. Кацнельсон[1]

[1]ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора,
[2]ФГБУН «Институт иммунологии и физиологии» Уральского отделения Российской академии наук,
г. Екатеринбург, Россия

Свинец – широко распространенный экотоксикант, являющийся одним из факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний.

Для изучения кардиотоксичности свинца было проведено два субхронических исследования на крысах при внутрибрюшинном воздействии ацетата свинца. В первом эксперименте половина крыс получала перорально с кормом препарат кальция, во вто-

ром – половина крыс пять дней в неделю получала физическую нагрузку (бегала на тредмиле).

Свинцовая интоксикация приводила к нарушению кальциевого гомеостаза, метаболическим нарушениям в миокарде, удлинению цикла «сокращение – расслабление» биоптатов миокарда *in vitro*, изменениям на молекулярном уровне.

На фоне приема Са-содержащего препарата или регулярных физических нагрузок кардиотоксические изменения после воздействия свинца, были ослаблены.

Ключевые слова: свинец, сердечно-сосудистая система, крысы, биоптаты миокарда, миозины.

Вредные химические вещества играют роль одного из существенных факторов риска развития сердечно-сосудистой патологии. По данным ВОЗ от гипертонии страдают каждый четвертый мужчина и каждая пятая женщина в мире, а 4,6 % глобального бремени сердечно-сосудистых заболеваний в 2019 г. были обусловлены экспозицией к свинцу. Свинец включен ВОЗ в десятку наиболее опасных химических веществ, вызывающих основную обеспокоенность с точки зрения здоровья населения и требующих от государств-членов действий по защите трудящихся, детей и женщин детородного возраста.

Свинец является одним из немногих токсичных элементов, с вредным действием которых на организм человечество сталкивается на протяжении тысячелетий. Люди могут подвергаться воздействию свинца из разных источников: горнодобывающая и металлургическая промышленность, посуда, краски, загрязнение почв, воды и воздуха вследствие использования этилированного бензина до его запрета, свинцовые элементы водопроводных систем.

Проблеме связи развития нарушений в сердечно-сосудистой системе и повышенной концентрации свинца в организме посвящено множество эпидемиологических и экспериментальных исследований (например, [1–5]). Литературные данные противоречивы в отношении гипертензивных эффектов, инотропного влияния на сократимость миокарда, воздействия на кардиомиоциты и последствий конкурирующих отношений свинца с кальцием. Небольшое число работ посвящено изучению профилактических мер против токсического действия свинца [6–8]. Чаще всего исследуется эффективность фитопрепаратов.

Исходя из вышесказанного, **цель исследования** – выявление механизмов кардиотоксического действия свинца и апробация различных профилактических мер против его токсического действия в эксперименте на крысах.

Материалы и методы. Были проведены два субхронических эксперимента на белых беспородных крысах-самцах (не менее 10 животных в каждой группе). Внутрибрюшинные введения 3-водного ацетата свинца осуществлялись 3 раза в неделю.

В первом эксперименте разовая доза по свинцу составляла 12,5 мг Pb/кг массы тела (м.т.). Его продолжительность была 5 недель (всего 15 введений). Половина животных получала вместе с кормом препарат кальция (Са) в дозе 160 мг/крысу 5 дней/неделю.

Во втором эксперименте разовая доза по свинцу – 6,01 мг Pb/кг м.т., а продолжительность составляла 6 недель (всего 18 введений). У половины животных моделировалась физическая нагрузка (ФН) на беговой дорожке (10 мин/день, 5 дней/неделю, скорость – 25 м/мин). На пятой неделе эксперимента проводили неинвазивную регистрацию электрокардиограммы (в первом эксперименте с помощью человеческого электрокардиографа ЭК 3Т-01-«Р-Д» (ООО НПП «Мони-

тор»), во втором – с использованием системы ecgTUNNEL (EMKA Technologies) и параметров артериального давления (во втором эксперименте с использованием системы Coda-HT8 (Kent Scientific)).

При эвтаназии собирали кровь, в которой оценивали уровень кальция, фактор роста эндотелия сосудов (ФРЭС) и активность ангиотензинпревращающего фермента (АПФ).

Сократимость миокарда оценивали на изолированных многоклеточных препаратах миокарда в изометрическом и физиологическом режимах, как описано ранее [9, 10].

Соотношения тяжелых цепей α- и β-изоформ тяжелых цепей миозина и скорость актин-миозинового взаимодействия проанализированы на основе данных [9, 11, 12].

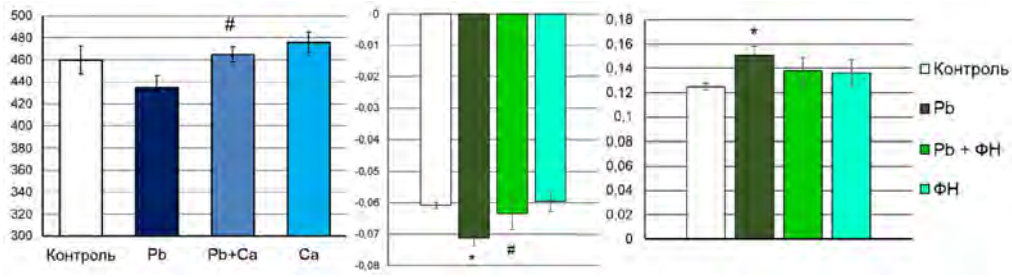
Статистическую значимость межгрупповых различий оценивали с помощью *t*-критерия Стьюдента с поправкой на множественные сравнения. Биомеханические данные обрабатывали с использованием непараметрического *U*-критерия Манна – Уитни. Различия считались значимыми при уровне случайности $p < 0,05$.

Результаты. В обоих экспериментах была смоделирована свинцовая интоксикация умеренной степени выраженности.

При анализе электрокардиограммы в I эксперименте обнаружено некоторое снижение частоты сердечных сокращений, которое нивелировалось добавлением в питание крыс кальция (рис. 1, *а*).

Во II эксперименте свинцовая интоксикация приводила к снижению изоэлектрической линии, что указывает на повреждение миокарда или на метаболические нарушения в нем. Данное проявление было ослаблено на фоне беговой физической нагрузки (рис. 1, *б*).

В эпидемиологическом исследовании выявлено удлинение интервала QTc при воздействии свинцовых $PM_{2.5}$ [13]. Тот же эффект показан у рабочих, занятых в производстве свинца [14]. При свинцовой интоксикации у крыс в нашем исследовании выявлена тенденция к удлинению интервала QT и повышение высоты зубца T (рис. 1, *в*), что может указывать на нарушение процессов реполяризации миокарда, а значит влиять на фазу расслабления сердечной мышцы. Данные изменения нивелированы на фоне физической нагрузки.

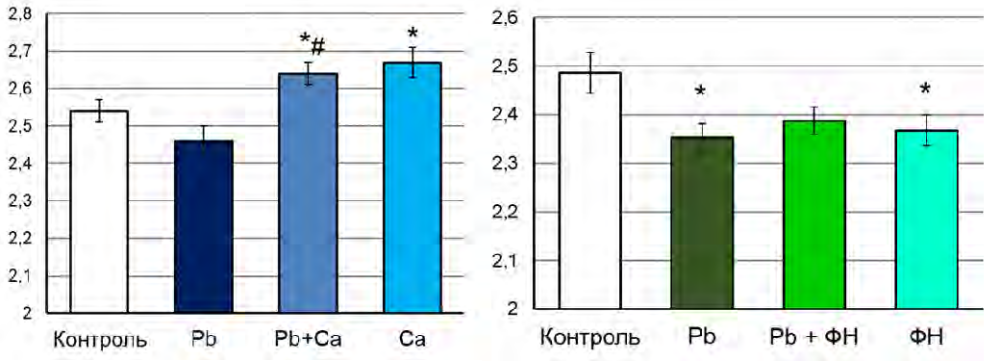


а *б* *в*

Рис. 1. Показатели электрокардиограммы крыс после воздействия: *а* – свинца и / или кальция; *б*, *в* – свинца и / или физической нагрузки: *а* – частота сердечно-сосудистых сокращений (уд/мин); *б* – вольтаж изоэлектрической линии (мВ); *в* – амплитуда зубца Т (мВ). Индексами обозначено статистически значимое отличие * – от соответствующего контроля; # – от соответствующей группы «Pb» ($p < 0,05$, *t*-критерий Стьюдента)

Ионы Са играют основную роль в регулировании сопряжения возбуждения – сокращения и в управлении систолической и диастолической функцией сердца. Хорошо известны конкурентные отношения свинца и кальция в организме [15]. В обоих экспериментах в той или иной степени при свинцовой интоксикации был снижен уровень кальция в сыворотке крови (рис. 2, *а*). Исключение – группа, получавшая с кормом препарат кальция при свинцовой интоксикации. И в группе, которая получала только кальций (без свинца), его уровень в сыворотке крови также был повышен.

Интересно, что и при физических нагрузках уровень кальция также был снижен (рис. 2, *б*), что может быть связано с повышенной потребностью мышц в кальции и его расходом [16].



а *б*

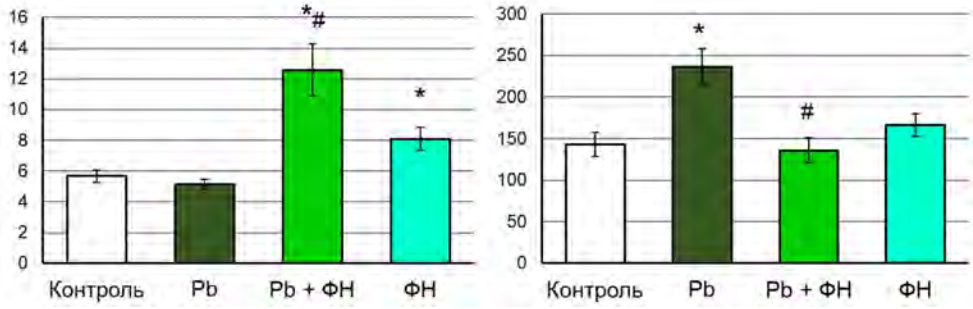
Рис. 2. Уровень кальция в крови крыс после воздействия: *а* – свинца и / или кальция; *б* – свинца и / или физической нагрузки. Индексами обозначено статистически значимое отличие * – от соответствующего контроля; # – от соответствующей группы «Pb» ($p < 0,05$, *t*-критерий Стьюдента)

ФРЭС был повышен при влиянии физической беговой нагрузки при свинцовой интоксикации более выраженно (рис. 3, *а*), чем у только бегавших крыс, что говорит о стимуляции физической активностью пролиферации и роста эндотелиальных клеток сосудов [17], а следовательно, улучшенным снабжением кислородом клеток и тканей. В условиях свинцовой интоксикации, при которой развивается и гипоксия, повышение ФРЭС при физических нагрузках является положительным фактом.

Обнаружено повышение активности АПФ (рис. 3, *б*), который является вазоконстриктором и может быть одной из причин развития гипертонии при свинцовой интоксикации, на которую указывают многие авторы [18, 19]. Но при этом в нашем исследовании параметры артериального давления не имели значимых изменений во всех экспериментальных группах.

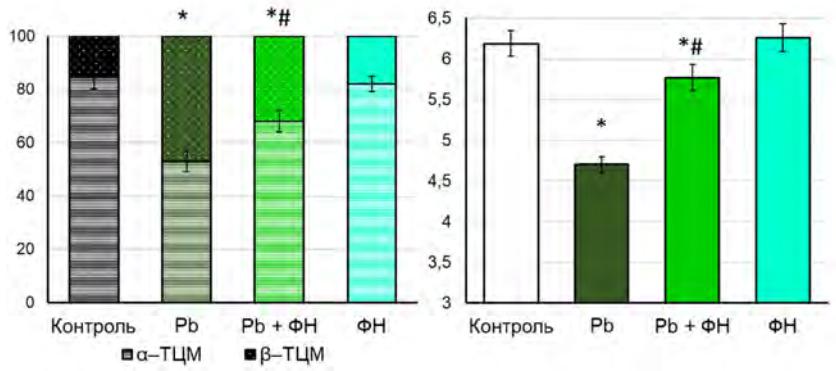
Кроме опосредованного воздействия, свинец может влиять непосредственно на белки, в том числе на белки семейства EF-hand, к которому принадлежит регуляторная легкая цепь миозина, а также изменяет АТФазную активность миозина с потенциальным воздействием на АТФазный карман, который находится на тяжелой цепи миозина [20]. В наших исследованиях свинцовая интоксикация вызывала увеличение доли β-тяжелых цепей сердечного миозина и уменьшение доли быст-

рых α-тяжелых цепей (рис. 4, *а*), что является механизмом экономии энергии, способствующим адаптации сердечной мышцы к изменению условий ее функционирования. Это привело к изменению скоростных характеристик миозина – снизилась максимальная скорость скольжения реконструированного тонкого филамента по сердечному миозину крыс после свинцовой интоксикации (рис. 4, *б*) [12].



а *б*

Рис. 3. Изменение показателей сыворотки крови крыс после воздействия свинца и / или физической нагрузки: *а* – фактор роста эндотелия сосудов (10^6 Е/мл); *б* – ангиотензинпревращающий фермент (Е/л). Индексами обозначено статистически значимое отличие * – от контроля; # – от группы «Pb» ($p < 0,05$, *t*-критерий Стьюдента)



а *б*

Рис. 4. Молекулярные показатели сократимости миокарда крыс после воздействия свинца и / или физической нагрузки: *а* – содержание α- и β-тяжелых цепей (ТЦМ) сердечного миозина (%); *б* – максимальная скорость скольжения тонкого филамента по миозину (мкм/с). Индексами обозначено статистически значимое отличие * – от соответствующего контроля; # – от соответствующей группы «Pb» ($p < 0,05$, *t*-критерий Стьюдента)

К сожалению, как влияет кальциевая добавка на соотношение изоформ тяжелых цепей миозинов, мы не изучали, хотя рост доли медленных тяжелых цепей и снижение скорости скольжения филамента по миозинам крыс после воздействия свинца мы также наблюдали в первом эксперименте.

Физическая нагрузка ослабляла токсический эффект свинца на молекулярном уровне. Показано, что соотношение α- и β-тяжелых цепей, а также значение максимальной скорости скольжения тонкого филамента по миозину приблизилось к контрольным значениям, хотя и не достигло их (см. рис. 4).

На уровне изолированных многоклеточных препаратов миокарда свинцовая интоксикация снижала скоростные (рис. 5, *а*, *в*) и увеличивала временные (рис. 5, *б*, *г*) показатели изометрического сокращения, то есть поддержание величины силы сокращений обеспечивалось за счет удлинения цикла сокращение-расслабление.

Кальциевая добавка не влияла на скоростные и временные показатели изометрического сокращения мышц (см. рис. 5, *а*, *в*). Физическая нагрузка несколько сильнее снижала скоростные (см. рис. 5, *б*) показатели сокращения и увеличивала временные (см. рис. 5, *г*), что можно связать с усилением компенсаторных механизмов против свинцовой интоксикации. Стоит отметить, что физическая нагрузка сама по себе увеличивала максимальную скорость расслабления (статистически значимо в трабекулах, та же тенденция прослеживалась и в папиллярных мышцах), что говорит о более быстром восстановлении мышц у тренированных животных.

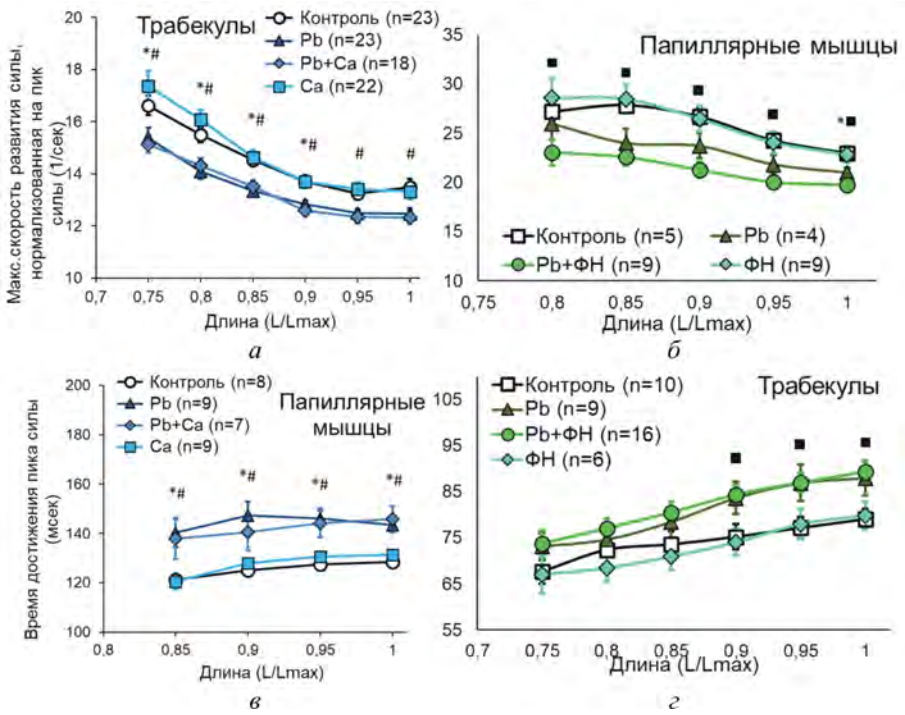
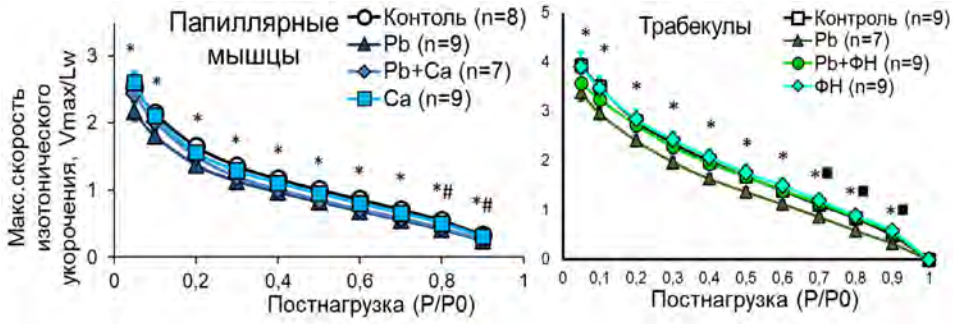


Рис. 5. Параметры сократимости изолированных препаратов миокарда крыс после воздействия: *а*, *в* – свинца и / или кальция; *б*, *г* – свинца и / или физической нагрузки в изометрическом режиме сокращений: *а*, *б* – максимальная скорость развития силы, нормированная на пик силы сокращений (1/с), *в*, *г* – время достижения максимума силы (мс). Индексами обозначено статистически значимое отличие между группами: * – «Pb» и «Контроль», # – «Pb+Ca» и «Ca», ■ – «ФН» и «Контроль» при $p < 0,05$ (*U*-критерий Манна – Уитни)

В физиологическом режиме сокращения сердечных мышечных препаратов было показано снижение максимальной скорости изотонического укорочения у крыс со свинцовой интоксикацией (рис. 6). При добавлении в рацион крыс кальция, такого снижения обнаружено не было (см. рис. 6, *а*). На фоне физических нагрузок снижение скорости изотонического укорочения при свинцовой интоксикации также было нивелировано (см. рис. 6, *б*).



а *б*

Рис. 6. Максимальная скорость изотонического укорочения изолированных препаратов миокарда крыс после воздействия: *а* – свинца и / или кальция; *б* – свинца и / или физической нагрузки. Индексами обозначено статистически значимое отличие между группами: * – «Pb» и «Контроль», # – «Pb+Ca» и «Ca», ■ – «ФН» и «Контроль» при $p < 0,05$ (*U*-критерий Манна – Уитни)

Следует сказать, что рассчитанные величины работы, производимой мышечными препаратами при разных величинах постнагрузки, не имели значимых отличий, что говорит о сохранении эффективности работы миокарда.

Выводы:

1. Свинцовая интоксикация ухудшала работу сердечно-сосудистой системы. Кардиотоксическое действие свинца реализовалось по следующим путям:

– конкурентные взаимоотношения свинца и кальция;

– замещение значительной части быстрых изоформ сердечного миозина более медленными, что является механизмом экономии энергии, способствующим адаптации сердечной мышцы к изменению условий ее функционирования;

– изменение работы вазоактивных веществ;

– для компенсации снижения силоскоростных показателей сократимости миокард в условиях свинцовой интоксикации увеличивал временные показатели;

– электрокардиографические нарушения.

2. Кардиотоксичность свинца была несколько ослаблена у крыс:

– на фоне приема кальцийсодержащей добавки (нормализовался уровень кальция в сыворотке крови, частота сердечно-сосудистых сокращений и максимальная скорость изотонического укорочения биоптатов миокарда);

– при регулярных физических нагрузках (показаны признаки компенсаторной стимуляции роста сети сосудистого русла, снижение выраженности инотропного эффекта, нормализация максимальной скорости изотонического укорочения биоптатов миокарда, скорости скольжения тонких филаментов по миозину и соотношения α- и β -тяжелых цепей сердечного миозина).

Список литературы

1. Charkiewicz A.E., Backstrand J.R. Lead Toxicity and Pollution in Poland // International journal of environmental research and public health. – 2020. – Vol. 17, № 12. – P. 4385.

2. Lead (Pb) exposure and heart failure risk / Z. Chen, X. Huo, G. Chen, X. Luo [et al.] // Environmental science and pollution research international. – 2021. – Vol. 28, № 23. – P. 28833–28847.

3. Angiogenesis and lead (Pb): is there a connection? / A. Machoń-Grecka, M. Dobrakowski, A. Kasperczyk, E. Birkner [et al.] // Drug and chemical toxicology. – 2022. – Vol. 45, № 2. – P. 589–593.

4. Clinical and experimental evidences of hydrogen sulfide involvement in lead-induced hypertension / J.S. Possomato-Vieira, V.H. do Gonçalves-Rizzi, R.A. Nascimento, R.R. Wandekin [et al.] // BioMed research international. – 2018. – P. 4627391. DOI: 10.1155/2018/4627391

5. Chronic low-level lead exposure increases mesenteric vascular reactivity: role of cyclooxygenase-2-derived prostanoids / M.R. Simões, B.F. Azevedo, M.J. Alonso, M. Salaices [et al.] // Frontiers in physiology. – 2021. – Vol. 11. – P. 590308.

6. Davuljigari C.B., Gottipolu R.R. Late-life Cardiac injury in rats following early life exposure to lead: reversal effect of nutrient metal mixture // Cardiovascular toxicology. – 2020. – Vol. 20, № 3. – P. 249–260.

7. The impact of chicory (Cichoriumintybus L.) on hemodynamic functions and oxidative stress in cardiac toxicity induced by lead oxide nanoparticles in male rats / R.M. Elgharabawy, A.H. Alhowail, A.M. Emara, M.A. Aldubayan [et al.] // Biomedicine & pharmacotherapy. – 2021. – Vol. 137. – P. 111324.

8. Hyperhalophilic Diatom extract protects against lead-induced oxidative stress in rats and human HepG2 and HEK293 cells / W. Guermazi, S. Boukhris, N. Annabi-Trabelsi, T. Rebai [et al.] // Pharmaceuticals. – 2023. – Vol. 16, № 6. – P. 875.

9. Force–velocity characteristics of isolated myocardium preparations from rats exposed to subchronic intoxication with lead and cadmium acting separately or in combination / B.A. Katsnelson, S.V. Klinova, O.P. Gerzen, A.A. Balakin [et al.] // Food and chemical toxicology. – 2020. – Vol. 144. – P. 111641.

10. Changes in rat myocardium contractility under subchronic intoxication with lead and cadmium salts administered alone or in combination / Yu.L. Protsenko, S.V. Klinova, O.P. Gerzen, L.I. Privalova [et al.] // Toxicology reports. – 2020. – Vol. 7. – P. 433–442.

11. Molecular mechanisms of mechanical function changes of the rat myocardium under subchronic lead exposure / O.P. Gerzen, S.R. Nabiev, S.V. Klinova, I.A. Minigalieva [et al.] // Food and Chem. Tox. – 2022. – Vol. 169. – P. 113444.

12. Changes in the Cardiotoxic Effects of Lead Intoxication in Rats Induced by Muscular Exercise / S.V. Klinova, I.A. Minigalieva, Y.L. Protsenko, M.P. Sutunkova [et al.] // Int.J.Mol.Sci. – 2022. – Vol. 23 (8). – P. 4417.

13. Associations between PM2.5 metal components and QT interval length in the Normative Aging Study / A.A. Peralta, J. Schwartz, D.R. Gold, B. Coull [et al.] // Environmental research. – 2021. – Vol. 195. – P. 110827.

14. Effect of occupational exposure to lead, zinc and cadmium on various indicators of the circulatory system of metallurgical workers / J. Sroczyński, K. Biskupek, J. Piotrowski, H. Rudzki [et al.] // Medycyna pracy. – 1990. – Vol. 41, № 3. – P. 152–158.

15. Rius R.A., Govoni S., Trabucchi M. Regional modification of brain calcium antagonist binding after *in vivo* chronic lead exposure // Toxicology. – 1986. – Vol. 40. – P. 191–197.

16. Physical activity-dependent regulation of parathyroid hormone and calcium-phosphorous metabolism / G. Lombardi, E. Ziemann, G. Banfi, S. Corbetta // International journal of molecular sciences. – 2020. – Vol. 21, № 15. – P. 5388.

17. Ferrara N. Role of vascular endothelial growth factor in the regulation of angiogenesis // Kidney international. – 1999. – Vol. 56, № 3. – P. 794–814.

18. Трахтенберг И.М., Лубянова И.П., Апыхтина Е.Л. Роль свинца и железа как техногенных химических загрязнителей в патогенезе сердечно-сосудистых заболеваний // Therapia. – 2010. – Т. 49. – С. 36–39.

19. Low-dose chronic lead exposure increases systolic arterial pressure and vascular reactivity of rat aortas / E.A. Silveira, F.D. Siman, T. de Oliveira Faria, M.V. Vescovi [et al.] // Free radical biology & medicine. – 2014. – Vol. 67. – P. 366–76.

20. Direct effects of toxic divalent cations on contractile proteins with implications for the heart: unraveling mechanisms of dysfunction / O.P. Gerzen, V.O. Votinova, I.K. Potoskueva, A.E. Tzybina, L.V. Nikitina // Int. J. Mol. Sci. – 2023. – Vol. 24 (13). – P. 10579.

Функциональная классификация белков плазмы крови крыс в условиях ингаляционного поступления алюминия в эксперименте

Е.В. Пескова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

В сочетании с достижениями биоинформатики протеомные исследования обеспечивают уточнение механизмов нарушений гомеостаза на клеточно-молекулярном уровне, в том числе связанных с воздействием химических веществ. С помощью биоинформационных ресурсов, в том числе таких, как Panther, проведен функциональный анализ выделенных белков плазмы крови экспериментальных животных. Полученные данные можно использовать для дальнейшего изучения молекулярно-клеточных механизмов возможного становления негативных эффектов, ассоциированных с воздействием неблагоприятных факторов окружающей среды.

Ключевые слова: экспериментальные животные, протеомный профиль, алюминий в моче, масс-спектрометрия, функциональная классификация.

Постгеномные технологии обеспечили широкомасштабные фундаментальные исследования живых систем, а именно изучение структурно-функциональной организации генома, ее малых молекул и белков [1]. Белки – это органические соединения, которые лучше устраняют разрыв между геномной информацией, биоло-

гическими функциями и фенотипами нарушений в организме [2]. Белки не функционируют изолированно, и основные биологические процессы происходят при помощи их взаимодействий. Они контролируют метаболические и сигнальные пути, клеточные процессы и внутренний гомеостаз организма [3–5]. Характеристика изменений белковой композиции биосред является основой для изучения молекулярного ответа организма на существующие условия и прогноза потенциальных негативных эффектов [6].

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 становится актуальным. Понимание того, как у сходных по видообразованию организмов сопоставимо изменяется экспрессия белков при воздействии токсических химических веществ, имеет существенное значение для прогнозирования негативных эффектов с целью профилактики и устранения последствий на ранних этапах их формирования [7, 8]. Результаты, полученные при проведении протеомного профилирования в эксперименте, являются уникальным инструментом, позволяющим изменения, выявленные на животных, экстраполировать на человека [9, 10].

Для идентификации белков важно учитывать их функциональные свойства. Для этого существуют биоинформационные ресурсы, такие как Panther. Ядром системы является набор филогенетических определенных семейств и подсемейств белков, созданных с помощью компьютерных вычислений и алгоритмов. Данная классификационная система включает в себя набор инструментов, которые позволяют пользователям просматривать и запрашивать функциональную классификацию белков и генов, а также выполнять анализ экспериментальных данных [11, 12].

Цель исследования – выполнить функциональную классификацию белков плазмы крови крыс в условиях ингаляционного поступления алюминия в эксперименте.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проведены на биологической модели – самки крыс линии Wistar, средней массой 200 г в количестве 12 особей. В опытную группу вошли 6 крыс, подверженных ингаляционному воздействию аэрозоля водной суспензии оксида алюминия в дозе 0,0025 мг/кг массы тела. Доза алюминия эквивалентна установленной реальной аэрогенной экспозиции для годового периода осреднения, установленной для населения, проживающего в зоне размещения объектов металлургического производства. Для сравнительного анализа сформирована контрольная группа – 6 крыс, содержавшихся в аналогичных условиях, но не подверженных воздействию изучаемого химического вещества. Отбор мочи осуществляли через 24 ч после экспозиции в течение суток в метаболической клетке DXL-D. Экспериментальные исследования выполнены с соблюдением требований 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 на содержание алюминия методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой исследовали на

масс-спектрометре Agilent 7500cx (Agilent Technologies, США) в соответствии с МУК 4.1.3589-19[1].Установленные концентрации изучаемого химического вещества в моче оценивали относительно уровня данного показателя у крыс контрольной группы.

Для протеомного исследования получены пептидные образцы (плазма крови) крыс опытной и контрольной групп. Исследование образцов выполнено по технологии 2D-электрофореза в полиакриламидном геле с помощью системы PROTEAN I12 IEF System (BioRad, США) и камеры Protean II xi 2D cell (BioRad, США). Визуализация полученных электрофореграмм проводилась с использованием щелочного метода окраски серебром. С помощью системы для документирования гелей GeLDoc XR (BioRad, США) проведен анализ изображений. В протеинограммах выделяли значимые белковые пятна по значению интенсивности и имеющие достоверные различия между сравниваемыми группами. Последующий анализ проводили методом жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрическим анализом (на хроматографе UltiMate 3000 (Германия) и тандемном масс-спектрометре ABSciex 4000 QTRAP с источником ионизации Nanospray 3 (Канада)). Данные тандемных экспериментов обрабатывали программой ProteinPilot, версия 4.5 (AB SCIEX) с идентификацией по базе данных UniProt_sprot_fasta (от 24.11.2017), с выборкой по таксону Rattus norvegicus (Rat). Основная часть информации о полученных белках экстрагирована из баз данных Gene Ontology Resource (http://geneontology.org/) и UniProt (http://www.uniprot.org). Установление гена, которому соответствует идентифицированный белок, выполнено с помощью базы данных Rat Genome Database (https://rgd.mcw.edu/). Для распределения полученных белков по классам, а также по молекулярным функциям и биологическим процессам использовалась система классификации Panther (http://www.pantherdb.org/).

Результаты. Химико-аналитическое исследование показало, что концентрация алюминия в моче крыс опытной группы составила $0{,}057 \pm 0{,}029$ мг/дм^3, что выше в 3,6 раза аналогичного показателя в контрольной группе ($0{,}016 \pm 0{,}013$ мг/дм^3, $p = 0{,}008$).

Сравнительный анализ результатов денситометрического измерения протеомных карт плазмы крови животных позволил выявить наличие достоверных различий интенсивности 15 белковых пятен крыс опытной и контрольной групп. Установлено достоверное увеличение в 1,5–19,3 раза интенсивности белковых пятен у крыс опытной группы относительно контрольной ($p = 0{,}000$–$0{,}002$; табл. 1).

Масс-спектрометрическая идентификация выявленных белковых пятен показала, что обнаруженные пептиды совпадают с 9 белками. В табл. 2 представлена информация из базы данных UniProt о данных белках и кодирующих их генах; показано их участие в ключевых биологических процессах.

[1] МУК 4.1.3589-19. Измерение массовой концентрации алюминия в биологических средах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой: метод. указания. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. – 22 с.

Таблица 1

Интенсивность белковых пятен плазмы крови экспериментальных животных

№ п/п	Средние значения, $M \pm SD$*		Достоверность различий между группами, $p \leq 0,05$
	Животные опытной группы	Животные опытной группы	
1	4256 ± 1054	1115 ± 362	0,000
2	4112 ± 223	1796 ± 135	0,000
3	3952 ± 143	2353 ± 460	0,000
4	3004 ± 547	1957 ± 171	0,001
5	3925 ± 283	1436 ± 184	0,000
6	2451 ± 46	114 ± 24	0,000
7	2116 ± 111	399 ± 109	0,001
8	2351 ± 251	122 ± 31	0,000
9	1774 ± 61	94 ± 23	0,000
10	2871 ± 638	1785 ± 239	0,002
11	1911 ± 186	212 ± 59	0,000
12	1962 ± 39	466 ± 135	0,001
13	1870 ± 90	123 ± 34	0,000
14	1464 ± 76	114 ± 24	0,000
15	1763 ± 82	156 ± 42	0,000

Таблица 2

Белки и кодирующие их гены плазмы крови крыс; их участие в ключевых биологических процессах

Название белка	Ген крысы	Индекс UniProt	Участие в ключевых биологических процессах
Альдегиддегидрогеназа, цитозоль 1	Aldh1a7	P13601	Процесс деградации этанола
Пумилио гомолог 3	Pum3	Q562C7	Трансляционная регуляция
Тенеурин-2	Tenm2	Q9R1K2	Клеточная адгезия Транскрипция и ее регулирование
Цитоскелетный кератин II типа 5	Krt5	Q6P6Q2	Кератинизация
Фактор элонгации 1-γ	Eef1g	Q68FR6	Биосинтез белков
Белок SEC22b, транспортирующий везикулы / Vesicle-trafficking protein SEC22b	Sec22b	Q4KM74	Транспорт между эндоплазматическим ретикулумом и аппаратом Гольджи Транспорт белков
Аполипопротеин A-I	Apoa1	P04639	Метаболизм холестерина, липидов, стероидов и стеролов Транспорт липидов
Актин-связывающий Rho-активирующий белок	Abra	Q8K4K7	Транспорт белков Транскрипция и ее регулирование Транслокация
Нейросекреторный белок VGF	Vgf	P20156	Регуляция нейрональной синаптической пластичности
Транстеритин	Ttr	P02767	Транспорт белков

Альдегиддегидрогеназа, цитозоль 1 (P13601) является ферментом, способным окислять бензальдегид, пропиональдегид и ацетальдегид. Белок Пумилио гомолог 3 (Q562C7) ингибирует активность поли(АДФ-рибозил)ирования. Тенеурин-2 участвует в развитии нервной системы, регулируя установление правильных связей внутри системы. Цитоскелетный кератин II типа 5 (Q6P6Q2) необходим для образования промежуточных кератиновых нитей в базальном эпидермисе и поддержания кожного барьера в ответ на механическое воздействие. Белок фактор элонгации 1-γ (Q68FR6) играет роль в закреплении комплекса молекул с другими клеточными компонентами. Белок SEC22b, транспортирующий везикулы (Q4KM74), играет роль в транспортировке белков между эндоплазматическим ретикулумом и аппаратом Гольджи. Белок аполипопротеин A-I (P04639) участвует в обратном транспорте холестерина из тканей в печень. Актин-связывающий Rho-активирующий белок (Q8K4K7) действует как активатор транскрипции. Нейросекреторный белок VGF (P20156) является межклеточной сигнальной молекулой, играющей множество ролей в нейрогенезе и нейропластичности. Транстеритин (P02767) относится к группе гидролаз, участвующих в транспорте тироксина из крови в мозг.

По результатам проведенного биоинформационного анализа с помощью системы классификации Panther DB установлено, что большинство идентифицируемых белков входят в состав анатомической организации клетки (GO: 0110165; 60 %; Q562C7, Q8K4K7, Q68FR6, Q9R1K2, Q4KM74, Q6P6Q2). Остальная часть идентифицируемых белков (UNCLASSIFIED; 30 %; P02767, P13601, P20156, P04639) не имеют конкретной клеточной локализации. Один белок (GO: 0032991; 10 %; Q4KM74) входит в состав комплекса белков (рис. 1).

Рис. 1. Структура классов выделенных белков плазмы крови крыс в зависимости от расположения в клетке

Аннотация белков по молекулярным функциям показала, что идентифицируемые белки играют роль в осуществлении процессов связывания (GO: 0005488; 30 %; Q562C7, Q9R1K2, Q4KM74), каталитической активности (GO: 0003824; 10 %; P13601), активности молекулярного адаптера (GO: 0060089; 10 %; Q4KM74) и структурной молекулы (GO: 0005198; 10 %; Q6P6Q2). При этом 40 % белков (P02767, Q8K4K7, P20156, P04639, Q68FR6) не имели доказанной молекулярной функции (рис. 2).

Рис. 2. Структура классов выделенных белков плазмы крови крыс в зависимости от их молекулярной функции

Классификация белков по биологическим процессам показала, что 27,3 % белков участвуют в клеточных процессах (GO: 0009987; P02767, Q562C7, Q8K4K7, Q68FR6, Q9R1K2, Q4KM74, Q6P6Q2). Часть белков (13,6 %) участвует в метаболических процессах (GO: 0008152; P02767, Q562C7, Q8K4K7, Q68FR6). Также белки участвуют в процессе биологической регуляции (GO: 0065007; 9,1 %; Q562C7, Q8K4K7) и развития (GO: 0032502; 9,1 %; Q9R1K2, Q6P6Q2), в мультиклеточных процессах в организме (GO: 0032501; 9,1 %; Q9R1K2, Q6P6Q2), локализации (GO: 0051179; 4,5 %; Q4KM74), реакции на стимул (GO: 0050896; 4,5 %; Q4KM74), сигнализации (GO: 0023052; 4,5 %; Q8K4K7) и биологической адгезии (GO: 0022610; 4,5 %; Q9R1K2). Не имеют установленного биологического процесса 12,5 % белков (P13601, P20156, P04639) (рис. 3).

Рис. 3. Структура классов выделенных белков плазмы крови крыс в зависимости от их биологического процесса

Выводы. Исследование функциональной классификации белков плазмы крови с помощью биоинформационных ресурсов позволяет проанализировать локали-

зацию в клетке, молекулярные функции и биологические процессы, в которые входят идентифицируемые белки. Экстраполяция полученных данных в эксперименте на человека помогает углубиться в понимание молекулярно-клеточных механизмов токсического действия химических веществ, в том числе алюминия, для раннего выявления негативных последствий, ассоциированных с воздействием неблагоприятных факторов окружающей среды.

Список литературы

1. Актуальные проблемы компьютерной протеомики / В.А. Иванисенко, Д.А. Афонников, С.В. Николаев, С.С. Пинтус, М.А. Крестьянова, А.Ю. Пальянов, И.И. Титов // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2005. – № 9 (2). – С. 162–178.

2. Jimenez C.R., Verheul H.M. Mass spectrometry-based proteomics: from cancer biology to protein biomarkers, drug targets, and clinical applications // Am Soc Clin Oncol Educational Book. – 2014. – Vol. 34 (1). – P. e504–510.

3. Sevimoglu T., Arga K.Y. The role of protein interaction networks in systems biomedicine // Comput Struct Biotechnol J. – 2014. – Vol. 11 (18). – P. 22–27.

4. Gonzalez M.W., Kann M.G. Chapter 4: Protein Interactions and Disease // PLoS Comput Biol. – 2012. – Vol. 8 (12). – P. e1002819.

5. Proteomic Applications in Antimicrobial Resistance and Clinical Microbiology Studies / E. Khodadadi, E. Zeinalzadeh, S. Taghizadeh [et al.] // Infect Drug Resist. – 2020 – Vol. 13. – P. 1785–1806.

6. Anderson N.L., Anderson N.G. The human plasma proteome: history, character, and diagnostic prospects // Molecular and Cellular Proteomics. – 2002. – Vol. 1 (11). – P. 845–867.

7. Can proteomics contribute to biomonitoring of aquatic pollution? A critical review / M. Lo´pez-Pedrouso, Z. Varela, D. Franco, J.A. Ferna´ndez, J.R. Aboal // Environmental Pollution. – 2020. – Vol. 267. – P. 115473.

8. Martins C., Dreij K., Costa P.M. The State-of-the Art of Environmental Toxicogenomics: Challenges and Perspectives of "Omics" Approaches Directed to Toxicant Mixtures // Int J Environ Res Public Health. – 2019. – Vol. 16 (23). – P. 4718.

9. Koonin E.V., Galperin M.Y. Sequence - Evolution - Function: Computational Approaches in Comparative Genomics [Электронный ресурс]. – Boston: Kluwer Academic, 2003. – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21089240/ (дата обращения: 16.08.2023).

10. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. – 2014. – P. 1–108.

11. Mi H., Muruganujan A., Thomas P.D. PANTHER in 2013: modeling the evolution of gene function, and other gene attributes, in the context of phylogenetic trees // Nucleic Acids Res. – 2013. – Vol. 41. – P. D377–386.

12. PANTHER: a library of protein families and subfamilies indexed by function / P.D. Thomas, M.J Campbell., A. Kejariwal [et al.] // Genome Res. – 2003. – Vol. 13 (9). – P. 2129–2141.

Организация и анализ информации в мониторинге состояния окружающей среды города

Л.В. Попова, О.В. Клепиков, В.А. Попова

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,
г. Воронеж, Россия

Организация экологического мониторинга г. Воронежа требует совершенствования в части увеличения количества контрольных точек для отбора проб атмосферного воздуха, питьевой воды и почвы, а также расширения перечня контролируемых показателей. При анализе информации целесообразно использовать комплексные характеристики оценки уровня техногенной нагрузки.

Ключевые слова: мониторинг, окружающая среда, загрязнение.

Современная экологическая ситуация во многих индустриально развитых городах Российской Федерации, в том числе и в г. Воронеже, остается напряженной. В ряде региональных исследований установлено, что на территории г. Воронежа регистрируются повышенные уровни загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха, водных ресурсов, почвенного покрова, что является одной из причин повышенного риска заболеваемости населения [1–3].

Цель исследования – провести анализ информации в действующей системе мониторинга состояния окружающей среды г. Воронежа; разработать и реализовать предложения по совершенствованию мониторинга и анализу информации.

Материалы и методы. В работе использованы данные ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» по контролю качества окружающей среды в 2018–2022 гг., полученные в рамках ведения регионального социально-гигиенического мониторинга по разделам: 1) оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха; 2) оценка качества питьевой воды; 3) оценка уровня загрязнения почвы.

Кроме используемых на практике гигиенических нормативов (предельно допустимых концентраций), предложено применение комплексных характеристик оценки уровня техногенной нагрузки: показателя загрязнения атмосферы $K_{атм}$ рассчитанного по формуле К.А. Буштуевой; комплексного показателя загрязнения воды ($K_{воды}$) и суммарному показателю загрязнения почвы ($K_{почвы}$) [4].

Результаты. Мониторинг уровня загрязнения атмосферного воздуха городского округа г. Воронежа, осуществляется на пяти маршрутных постах (мониторинговых точках контроля): Ленинском проспекте, 154, ул. Ростовской, 58/4, ул. 60-й Армии, 27, пр. Патриотов, 24, ул. Берёзовая Роща, 8а, – по программе мониторинговых наблюдений с получением информации о среднесуточных концентрациях 10 приоритетных загрязняющих веществ: азота диоксида, взвешенных веществ, серы диоксида, углерода оксида, формальдегида, гидроксибензола (фенола), свинца, озона, этенилбензола (стирола), сажи.

Выполненный нами анализ данных мониторинга уровня загрязнения атмосферного воздуха показал, что наиболее часто превышения нормативов регистри-

руются по диоксиду азота (ежегодно от 5,0 до 13,2 % проб), фенолу (в 2,0–5,2 % проб), оксиду углерода (в 0,6–1,2 % проб).

Нами выполнен расчет средних арифметических значений концентраций загрязняющих веществ и комплексных коэффициентов техногенной нагрузки на атмосферный воздух с учетом поправок на класс опасности веществ, который по средним концентрациям составил 5,2 единицы ($К_{атм} = 5,2$). Основной вклад вносят диоксид азота и фенол.

Следующим этапом являлась оценка качества питьевой воды. В программу мониторинга качества воды включены определение солей общей жесткости, концентраций железа, марганца, бора, нитратов, фтора во всех мониторинговых точках (19 точек). В программу на источниках водоснабжения (3 точки) дополнительно включены обобщенные показатели: pH, общая минерализация, окисляемость перманганатная; неорганические показатели: кремний, медь, никель, ртуть, стронций, хром.

По результатам оценки г. Воронеж отнесен к территориям «риска» по содержанию железа и марганца: в воде источника – водоподъемной станции (ВПС)-11 концентрация железа достигала значений 11,3 ПДК, марганца – 6,3 ПДК; в распределительной сети превышения гигиенических нормативов отмечались в мониторинговой точке на ул. Верещагина, 39, по содержанию железа – 1,5 ПДК, марганца – 1,6 ПДК.

Дополнительно нами рассчитано, что железо и марганец вносят наибольший вклад в величину комплексного показателя загрязнения воды ($К_{воды}$), который по средним концентрациям составил 2,18 единицы.

Нами также проанализированы показатели загрязнения почвы. Ежегодно от 3,2 до 15,3 % проб почвы не соответствует нормативу по санитарно-химическим показателям. В мониторинговых точках контроля (18 точек) отмечены превышения ПДК загрязняющих веществ в почве населенных мест по содержанию цинка, свинца, бенз(а)пирена. Суммарный показатель загрязнения почвы ($К_{почвы}$) составил по среднетерриториальным концентрациям 2,8 единицы.

Выводы. Организация мониторинга окружающей среды г. Воронежа требует совершенствования в части увеличения числа контрольных точек отбора проб атмосферного воздуха, питьевой воды и почвы, а также расширения списка контролируемых показателей. При анализе информации целесообразно использовать комплексные характеристики оценки уровня техногенной нагрузки, которые показали, что наибольшее опасение вызывает загрязнение атмосферного воздуха, основной вклад в его загрязнение вносят диоксид азота и фенол.

Результаты выполненных исследований могут быть использованы для разработки предложений, направленных на стабилизацию состояния окружающей среды обстановки, снижение уровня воздействия на здоровье человека неблагоприятных факторов среды обитания, первичную профилактику заболеваемости населения.

Список литературы

1. Особенности распространения экологического загрязнения вблизи автомобильных дорог (на примере г. Воронежа) / Г.В. Зибров, В.П. Закусилов, И.Е. Кузнецов, Н.Я. Мокшина, С.А. Куролап // Экология урбанизированных территорий. – 2019. – № 4. – С. 57–65.

2. Оценка влияния метеорологических параметров на техногенное загрязнение канцерогенноопасными химическими веществами воздушного бассейна города

Воронежа / С.А. Куролап, В.С. Петросян, О.В. Клепиков, В.В. Кульнев, Д.Ю. Мартынов // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25, № 2. – С. 60–65.

3. Интегральное эколого-микроклиматическое зонирование городской среды (на примере г. Воронежа) / И.В. Попова, С.А. Куролап, В.П. Закусилов, Г.И. Мазуров // Естественные и технические науки. – 2018. – № 11 (125). – С. 277–280.

4. МР 01-19/17-17. Комплексное определение антропотехногенной нагрузки на водные объекты, почву, атмосферный воздух в районах селитебного освоения [Электронный ресурс]. – URL: https://standartgost.ru/g/MP_01-19/17-17 (дата обращения: 07.09.2023).

Изучение потенциального воздействия бенз(а)пирена на изменение гормональных, биохимических, иммунологических, клинических показателей крови

М.О. Старчикова, Т.Д. Карнажицкая, Т.В. Нурисламова, Т.С. Пермякова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Проведены скрининговые исследования содержания бенз(а)пирена в крови детей (n = 2430), проживающих на территориях с различной антропогенной нагрузкой. Обнаружено присутствие бенз(а)пирена в 23 % проанализированных образцах крови в диапазоне концентраций 0,02–1,9 мкг/дм^3. Построены модели зависимостей «концентрация бенз(а)пирена в крови – показатели крови (гормональные, биохимические, иммунологические, клинические)». На основании полученных моделей установлены значимые зависимости повышения показателей (тиреотропного гормона (ТТГ), холестерина, эритроцитов (F = 471–39877; R^2 = 0,60–0,99) и понижения показателей креатинина, фагоцитарного числа (F = 404–8734; R^2 = 0,57–0,98) от содержания бенз(а)пирена в крови. Результаты настоящего исследования позволяют предположить возможное воздействие бенз(а)пирена на изменение показателей крови и могут быть применены для дальнейшего изучения негативного воздействия химических факторов окружающей среды на здоровье человека.

Ключевые слова: бенз(а)пирен, показатели крови, ВЭЖХ/ФЛД.

Бенз(а)пирен относится к группе полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и является распространенным загрязнителем окружающей среды. К основным источникам бенз(а)пирена относят сигаретный дым, выхлопные газы транспорта, лесные пожары [1–3], пищу, приготовленную при высоких температурах (выше 200 °С) во время запекания, жарки, гриля [4]. Рабочие многих отраслей промышленности подвергаются воздействию высоких концентраций бенз(а)пирена. Самый высокий уровень бенз(а)пирена был обнаружен в воздухе помещений алю-

миниевых и коксовых производств [5, 6]. Серьезную опасность представляет для здоровья детей содержание бенз(а)пирена в воздухе помещений школ и детских садов. Liu et al. при обследовании школьных помещений Китая обнаружили, что в неотапливаемый сезон концентрация токсиканта составляла 0,05 нг/м^3, в отопительный сезон концентрация возрастала до 10,3 нг/м^3 [6]. Польские исследователи установили превышение допустимого уровня содержания бенз(а)пирена в пробах воздуха помещений детских садов, средняя концентрация которого составляла 3,7 ± 0,8 нг/м^3[7].

Бенз(а)пирен как «канцерогенный для человека» классифицирован Международным агентством по изучению рака (МАИР). Множество исследований по всему миру показали, что воздействие ПАУ, в том числе бенз(а)пирена, связано с повышенным риском развития рака легких, кожи, мочевого пузыря, гортани, почек, предстательной железы, молочной железы, крови (лейкемии), головного мозга и толстой кишки и повышает риск развития вирусных заболеваний (ВИЧ, ВПЧ) [8, 9], является мутагенным, тератогенным и нейротоксичным веществом. По результатам зарубежной научно-технической литературы бенз(а)пирен влияет на уровень показателей крови, применяемых в диагностике функции почек (креатинина, мочевины) [10], щитовидной железы (ТГ, ТТГ) [11], повышает уровень липидов [12], инициирует и усиливает развитие атеросклероза [13], понижает уровень тестостерона в крови [14].

Таким образом, присутствующий в крови человека в различных концентрациях бенз(а)пирен, обладающий высокой токсичностью (первый класс опасности), оказывает негативное воздействие на организм. В связи с этим изучение зависимости лабораторных показателей от содержания бенз(а)пирена в крови служит доказательным инструментом негативного воздействия на здоровье человека.

Цель исследования – изучение потенциального воздействия бенз(а)пирена на изменение гормональных, биохимических, иммунологических, клинических показателей крови детского населения, проживающего на территориях с различной антропогенной нагрузкой.

Материалы и методы. В период 2019–2022 гг. специалистами ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» лаборатории методов жидкостной хроматографии проанализировано 2430 проб крови детей возраста 4–10 лет, проживающих на территориях с различным антропогенным воздействием.

Биомедицинские исследования выполнены в соответствии с обязательным соблюдением этических принципов медико-биологических исследований, изложенных в Хельсинкской декларации 1975 г. с дополнениями 1983 г. и национальным стандартом РФ ГОСТ-Р 52379-2005. От каждого законного представителя ребенка, включенного в выборку, получено письменное информированное согласие на добровольное участие в биомедицинском исследовании.

Измерение массовой концентрации бенз(а)пирена в крови проведено в соответствии с МУК 4.1.3040-12 [15] на жидкостном хроматографе Agilent 1200 Series с флуориметрическим детектором. Извлечение бенз(а)пирена из крови проводили методом жидкостной экстракции ацетонитрилом в присутствии высаливателей с очисткой экстракта на сорбенте С18. Нижний предел количественного определения бенз(а)пирена в крови составляет 0,02 мкг/дм^3, относительная погрешность измерения 24 %.

Для изучения воздействия бенз(а)пирена на изменение показателей крови строили модели зависимости вероятности повышения / понижения уровня лабораторных показателей от содержания бенз(а)пирена в крови. Всего было изучено 20 лабораторных показателей (биохимических, гормональных, иммунологических и клинических). Качество полученных моделей оценивалось с использованием коэффициента детерминации (R^2) и критерия Фишера (F). Обработку информации по результатам исследований и оценку параметров моделей проводили с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0 и специальных программных продуктов.

Результаты. В результате мониторинговых исследований бенз(а)пирен обнаружен в 23 % из всех проанализированных образцов крови детей ($n = 2430$) в диапазоне концентраций 0,02–1,9 мкг/дм^3. При изучении воздействия бенз(а)пирена на показатели крови детей различных территорий проживания получены зависимости «концентрация бенз(а)пирена в крови – показатели крови (гормональные, биохимические, иммунологические, клинические)». Параметры уравнений, описывающие полученные статистически значимые модели зависимости, представлены в таблице.

Параметры уравнений зависимости «концентрация бенз(а)пирена в крови – показатель в крови»

Показатель	Коэффициент детерминации R^2	Критерий Фишера F	b_0	b_1
Креатинин	0,98	8734	0,45	-81,1
ТТГ	0,59	471	-2,58	25,5
Фагоцитарное число	0,57	404	-0,96	-29
Холестерин общий	0,69	735	-3,14	46,4
Эритроциты	0,99	39877	-2,83	25,98

Наибольшие коэффициенты детерминации (R^2) и критерии Фишера (F) получены для зависимости «концентрация бенз(а)пирена в крови – креатинин в крови» ($R^2 = 0,98$; $F = 8734$; $p < 0,001$) и «концентрация бенз(а)пирена в крови – эритроциты в крови» ($R^2 = 0,99$; $F = 39877$; $p < 0,001$). На рис. 1 и 2 представлены полученные модели зависимости.

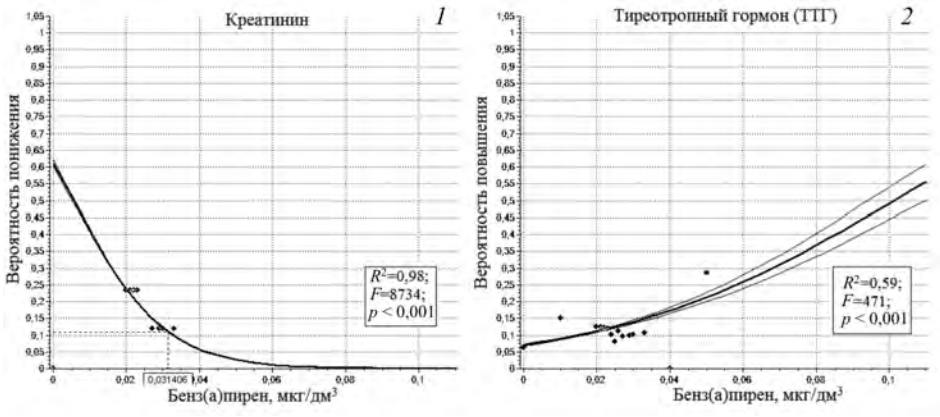


Рис. 1. Модели зависимости «концентрация бенз(а)пирена в крови – показатель в крови»: *1* – «бенз(а)пирен – креатинин», *2* – «бенз(а)пирен – ТТГ»

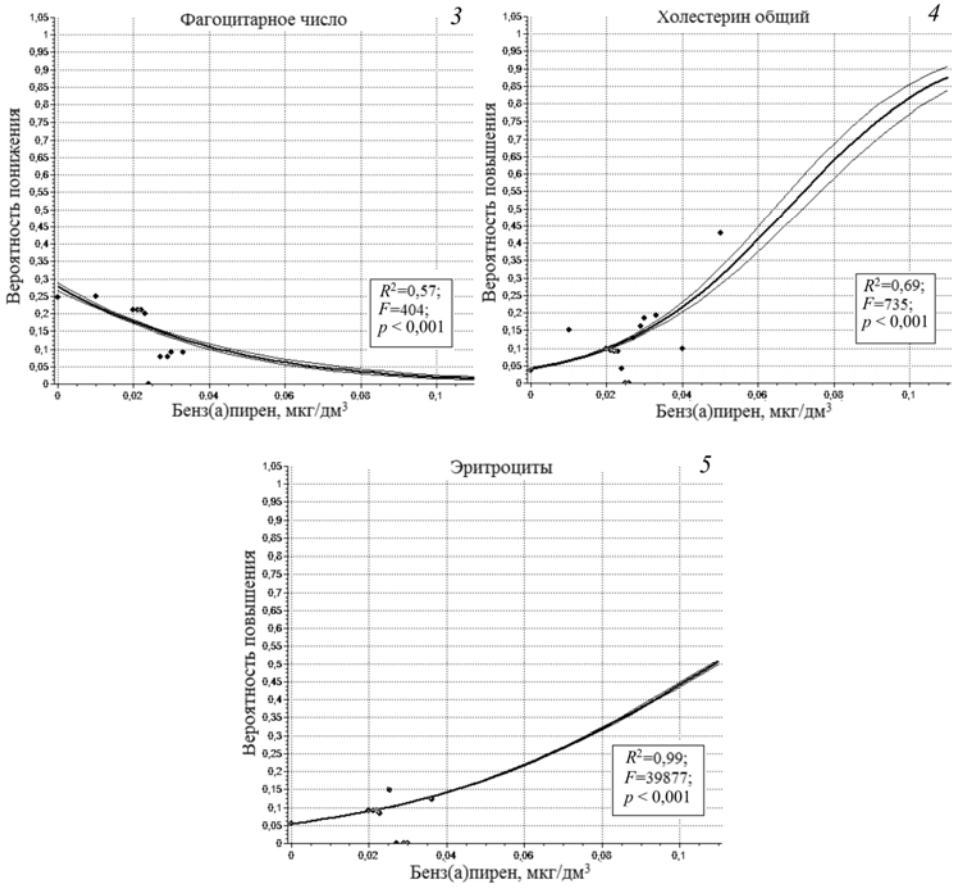


Рис. 2. Модели зависимости «концентрация бенз(а)пирена в крови – показатель в крови»: *3* – «бенз(а)пирен – фагоцитарное число», *4* – «бенз(а)пирен – холестерин общий», *5* – «бенз(а)пирен – эритроциты»

Выводы. В результате проведения мониторинговых исследований в период 2019–2022 гг. установлено присутствие бенз(а)пирена в 23 % проанализированных образцов крови детского населения (n = 2430) в диапазоне концентраций 0,02–1,9 мкг/дм^3.

Установлены значимые зависимости повышения показателей ТТГ, холестерина, эритроцитов (F = 471–39877; R^2 = 0,60–0,99) и понижения показателей креатинина, фагоцитарного числа (F = 404–8734; R^2 = 0,57–0,98) в крови от количественного содержания концентрации бенз(а)пирена в крови.

Полученные математические модели зависимости «концентрация бенз(а)пирена в крови – показатель в крови» позволяют предположить возможное воздействие бенз(а)пирена на изменение некоторых показателей крови и могут быть применены для дальнейшего изучения негативного воздействия химических факторов окружающей среды на здоровье человека.

Список литературы

1. Влияние курения на функциональное состояние органов дыхания у школьников / С.В. Капранов, Г.В. Капранова, Е.И. Евтушенко, Д.В. Тарабцев // Экологический вестник Донбасса. – 2021. – № 2. – С. 5–10.

2. Металлы, металлоиды и бенз(а)пирен в микрочастицах почв и дорожной пыли Алушты / Н.С. Касимов, Л.А. Безбердая, Д.В. Власов, М.Ю. Лычагин // Почвоведение. – 2019. – № 12. – С. 1524–1538. DOI: 10.1134/S0032180X19120062

3. Маслов И.В., Королёв А.Н. Эмиссия загрязняющих веществ от лесных пожаров на территории Омской области в атмосферный воздух // Новые научные исследования: сборник статей V Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2021. – С. 14.

4. Zungum I.U., Imam T.S. Ecotoxicity and Associated Threat of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) to Biodiversity: A Review // Preprints. – 2021. – 2021090377. DOI: 10.20944/preprints202109.0377.v1

5. Бенз(а)пирен [Электронный ресурс]. – URL: https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono100F-14.pdf (дата обращения: 08.09.2022).

6. Brandt H.C.A., Watson W.P. Monitoring human occupational and environmental exposures to polycyclic aromatic compounds // Annals of Occupational Hygiene. – 2003. – Vol. 47, № 5. – P. 349–378. DOI: 10.1093/annhyg/meg052

7. Indoor air quality in urban and rural kindergartens: short-term studies in Silesia, Poland / E. Błaszczyk [et al.] // Air Quality, Atmosphere & Health. – 2017. – Vol. 10. – P. 1207–1220. DOI: 10.1007/s11869-017-0505-9

8. Benzo(a)pyrene in cigarette smoke enhances HIV-1 replication through NF-κB activation via CYP-mediated oxidative stress pathway / S. Ranjit [et al.] // Scientific reports. – 2018. – Vol. 8, № 1. – P. 10394. DOI: 10.1038/s41598-018-28500-z

9. Role of polycyclic aromatic hydrocarbons as a co-factor in human papillomavirus-mediated carcinogenesis / C. Zhang [et al.] // BMC cancer. – 2019. – Vol. 19. – P. 1–10. DOI: 10.1186/s12885-019-5347-4

10. Owumi S.E., Adeniyi G., Oyelere A.K. The modulatory effect of taurine on benzo(a)pyrene-induced hepatorenal toxicity // Toxicology research. – 2021. – Vol. 10, № 3. – P. 389–398. DOI: 10.1093/toxres/tfab016

11. Short-term exposure effects of the environmental endocrine disruptor benzo(a) pyrene on thyroid axis function in zebrafish / G. Rurale [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2022. – Vol. 23, № 10. – P. 5833 DOI: 10.3390/ijms23105833

12. Benzo[a]pyrene and a high-fat diet induce aortic injury and promote / J. Duan [et al.] // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2023. – Vol. 259. – P. 115011. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2023.115011

13. Talbot P., Riveles K. Smoking and reproduction: The oviduct as a target of cigarette smoke // Reprod Biol Endocrinol. – 2005. – Vol. 3. – P. 52.

14. Benzo[a]pyrene inhibits testosterone biosynthesis via NDUFA10-mediated mitochondrial compromise in mouse Leydig cells: Integrating experimental and in silico toxicological approaches / W. Yang [et al.] // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2022. – Vol. 244. – P. 114075. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2022.114075

15. Измерение массовых концентраций химических соединений и элементов в биологических средах: сборник методических указаний по методам контроля. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2013. – 46 с.

Исследование особенностей бионакопления и токсического действия наночастиц оксида молибдена (VI) при подострой ингаляционной экспозиции крыс линии Wistar

М.С. Степанков

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзор, г. Пермь, Россия

При подострой ингаляционной экспозиции наночастицами оксида молибдена (VI) (НЧ MoO_3) у крыс отмечено увеличение концентрации молибдена в сердце, легких, почках, головном мозге и крови. Отмечено развитие патоморфологических изменений тканей легких, головного мозга и печени, сопровождающихся изменением значений биохимических параметров крови. Полученные результаты позволяют расширить теоретические представления в области нанотоксикологии и получить новые знания об особенностях токсического действия НЧ MoO_3 при подостром ингаляционном воздействии на организм.

Ключевые слова: наночастицы, оксид молибдена (VI), подострая токсичность, ингаляционная экспозиция, бионакопление, крысы.

Наноразмерные частицы (НЧ) – частицы, размер которых соответствует диапазону 1–100 нм. Малые размеры и высокая удельная площадь поверхности придают НЧ уникальные физико-химические свойства [1]. В связи с этим НЧ активно используются в широком спектре технологических процессов и в составе продукции различных отраслей промышленности. НЧ оксида молибдена (VI) (MoO_3) являются одним из интенсивно используемых в хозяйственной деятельности наноматериалов. В 2022 г. мировой рынок НЧ MoO_3 оценивался в 1,55 млрд долларов США. Согласно анализу компании The Business Research Company совокупный среднегодовой темп роста рынка данного наноматериала в ближайшие пять лет составит 12,7 %, благодаря чему можно прогнозировать его увеличение в 1,8 раза, то есть до 2,84 млрд долларов США к 2027 г. [2]. Увеличение рынка НЧ MoO_3 обусловлено возрастающей потребностью в катализаторах и эффективных системах аккумуляции энергии, что сопряжено с применением материалов, содержащих переходные металлы, в том числе молибден [3]. Кроме этого, НЧ MoO_3 активно используются в качестве компонента оптики, покрытий, смазочных материалов, пластиковых и текстильных изделий [4, 5]. В перспективе рассматривается возможность применения НЧ MoO_3 в металлооксидных газовых сенсорах и процессах производства нефтепродуктов [5].

Расширение спектра применения и возрастающие объемы производства НЧ MoO_3 обусловливают загрязнение объектов окружающей среды, в том числе атмосферного воздуха [6]. Согласно результатам проведенных ранее исследований НЧ MoO_3 при проникновении в клетку увеличивают продукцию активных форм кислорода (АФК) [7], разрушают мембраны митохондрий [7], вызывают экспрессию генов, инициирующих синтез провоспалительных цитокинов [8], изменяют протеомный [9] и метаболомный профили [10].

Загрязнение атмосферного воздуха потенциально опасными для здоровья человека НЧ MoO_3 может способствовать ингаляционной экспозиции населения и развитию нарушений здоровья, вызванных токсическим действием наноматериала. В связи с этим изучение негативных эффектов, обусловленных НЧ MoO_3, поступающих в организм ингаляционным путем, является особо актуальным.

Цель исследования – анализ и оценка подострой токсичности НЧ MoO_3 при ингаляционном пути поступления в организм.

Материалы и методы. При проведении экспериментов использовали НЧ MoO_3 в виде порошка производства компании Sigma-Aldrich (США). Размер частиц определяли методом растровой электронной микроскопии (РЭМ), используя сканирующей микроскоп S-3400N (HITACHI, Япония). По полученным изображениям определяли форму частиц. Удельную площадь поверхности частиц оценивали методом Брунауэра, Эммета и Теллера на приборе ASAP 2020 (Micromeritics, США); суммарный объем пор – в соответствии с методикой Баррета, Джойнера и Халенды.

В качестве экспериментальных животных использовали самок крыс линии Wistar. Содержание крыс и манипуляции с ними осуществляли в соответствии с требованиями Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных или в иных научных целях (ETS № 123), и комитета по этике ФБУН «Федерального научного центра медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». Крысы, размещенные в виварии, проходили двухнедельный период адаптации, после чего были распределены на две группы по 10 особей: опытная группа – для исследования воздействия наноматериала, контрольная группа – содержалась в аналогичных условиях без воздействия тестируемого вещества. Экспозицию осуществляли в соответствии с ГОСТ 32643-2020. Моделирование подострого ингаляционного воздействия осуществляли в системе для экспозиции всего тела (TSE SystemsGmbH, Германия). Для генерации аэрозоля внутри камеры подготавливали суспензию НЧ MoO_3 на основе бидистиллированной воды в концентрации 125 мг/см^3. При подаче суспензии со скоростью 0,4 см^3/мин в камеру, внутри которой поддерживались постоянный входящий и исходящий потоки воздуха со скоростью 10 дм^3/мин, сгенерированы аэрозоли с концентрацией тестируемых веществ на уровне ~1/3000 от $КЛ_{50}$ ($КЛ_{50}$ НЧ MoO_3 5000 мг/м^3). Концентрация НЧ MoO_3 в камере ингаляционной системы составила 1,84 ± 0,41 мг/м^3. Период экспозиции длился 28 суток, время воздействия – 6 ч/сут.

Через 24 ч после последней экспозиции у крыс проводили отбор крови из подъязычной вены в объеме 3 см^3. Биохимические параметры отобранных образцов крови определяли на анализаторе Keylab (BPC BioSed, Италия).

После отбора крови у крыс извлекали сердце, лёгкие, печень, почки и головной мозг для дальнейшего изучения бионакопления НЧ MoO_3 и гистологического исследования.

Для определения статистически значимых различий по показателям концентрации молибдена и параметров крови между экспериментальными группами применяли метод Манна – Уитни с расчетом *U*-критерия в программе Statistica 10. Статистически значимыми различия считали при значении $p \leq 0,05$.

Результаты. Методом РЭМ установлено, что 84,17 % нанопорошка MoO_3 представляют собой частицы со средним размером 58,80 нм, формой близкой к сферической (икосаэдр) с коэффициентом сферичности 0,94, удельной площадью поверхности 3,66 м^2/г, суммарным объемом пор 0,0133 см^3/г.

Согласно данным, полученным при изучении биохимических показателей сыворотки крови, у крыс, подвергшихся воздействию НЧ MoO_3, в отличие от контроля увеличивается активность щелочной фосфатазы (ЩФ) в 1,85 ($p < 0,05$), лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в 2,06 ($p < 0,01$), концентрация креатинина в 1,43 ($p < 0,05$), билирубина общего в 1,39 ($p < 0,05$), билирубина прямого в 1,40 раза ($p < 0,05$) (табл. 1).

Таблица 1

Биохимические показатели крови крыс ($p \leq 0,05$)

Параметр	$M \pm m$	
	Опытная группа (НЧ MoO_3)	Контрольная группа
АЛТ, Е/дм^3	53,17 ± 3,30	48,00 ± 5,40
АСТ, Е/дм^3	228,17 ± 39,81	231,50 ± 40,45
ЩФ, Е/дм^3	702,50 ± 83,65*	380,67 ± 68,51
γ-ГТ, Е/дм^3	0,83 ± 0,40	0,50 ± 0,22
Амилаза, Е/дм^3	1035,00 ± 67,99	988,50 ± 104,25
Билирубин общий, мкмоль/дм^3	2,60 ± 0,27*	1,87 ± 0,17
Билирубин прямой, мкмоль/дм^3	0,88 ± 0,08*	0,63 ± 0,03
Креатинин, мкмоль/дм^3	128,17 ± 12,76*	89,83 ± 4,99
ЛДГ, Е/дм^3	1758,53 ± 234,00*	855,50 ± 103,01
Мочевина, ммоль/дм^3	4,70 ± 0,28	4,20 ± 0,27

Примечание: * – статистически значимое отличие от контроля.

При изучении бионакопления НЧ MoO_3 повышение содержания молибдена относительно контроля установлено в сердце, лёгких, почках, головном мозге и крови крыс в 4,50 ($p < 0,05$), 15,85 ($p < 0,05$), 2,27 ($p < 0,05$), 2,50 ($p < 0,05$) и 10,50 раза ($p < 0,01$) соответственно (табл. 2).

Согласно результатам, полученным в ходе гистологического исследования, НЧ MoO_3 при подостром ингаляционном воздействии вызывают патоморфологические изменения тканей лёгких, головного мозга и печени. В лёгких идентифицированы очаги интерстициальной пневмонии острого течения, острое воспаление слизистой оболочки бронхов, васкулиты, пролиферация лимфоидной ткани, острое полнокровие, геморрагические инфаркты, эмфизема; в головном мозге – субарахноидальное кровоизлияние; в печени – изменения паренхиматозной ткани в виде очагового микровезикулярного стеатоза, гидропической и гиалиново-капельной дистрофии, острого полнокровия (рисунок).

Таблица 2

Концентрация молибдена в органах и крови крыс ($p \leq 0,05$)

Орган	$M \pm m$, мкг/г	
	Опытная группа (НЧ MoO_3)	Контрольная группа
Сердце	0,18 ± 0,02*	0,04 ± 0,003
Лёгкие	1,11 ± 0,15*	0,07 ± 0,01
Печень	0,76 ± 0,07	0,79 ± 0,03
Почки	0,93 ± 0,15*	0,41 ± 0,04
Мозг	0,10 ± 0,01*	0,04 ± 0,003
Кровь	0,42 ± 0,08*	0,04 ± 0,01

Примечание: * – статистически значимое отличие от контроля.

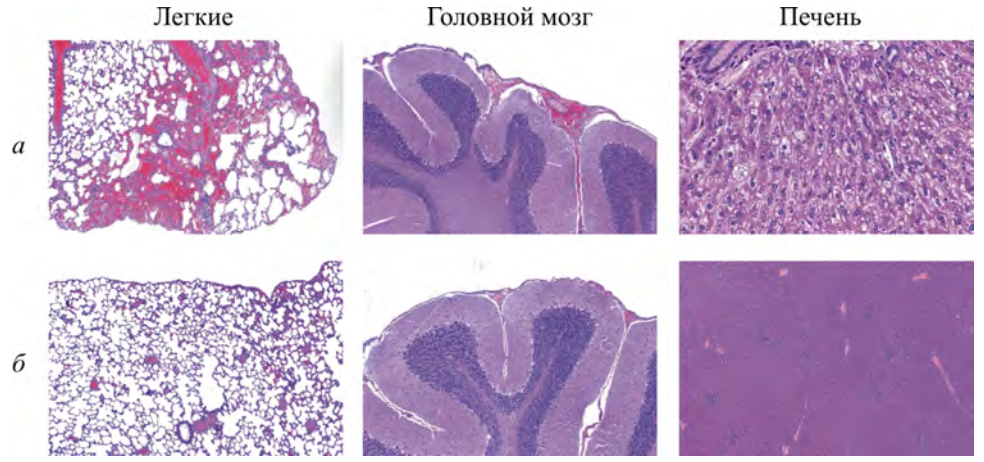


Рис. Микрофотографии гистологических препаратов органов крыс (окраска гематоксилином-эозином, увеличение х100): *а* – опытная группа, *б* – контрольная группа

Согласно результатам изучения физических свойств тестируемый материал относится к продуктам наноиндустрии. Данные свойства позволяют НЧ эффективно преодолевать защитные барьеры организма, что способствует их распространению по организму в различные органы и ткани [11]. НЧ MoO_3 подвержены частичной диссоциации при нахождении в кислой, щелочной или нейтральной среде [12]. В связи с этим можно предположить участие в бионакоплении не только НЧ, но и молибдена в ионной форме.

При ингаляционном пути поступления НЧ взаимодействуют с клетками дыхательного эпителия респираторного тракта. Результатом этого взаимодействия является усиленная генерация внутриклеточных АФК и провоспалительных цитокинов. Цитокины запускают процесс выделения арахидоновой кислоты, находящейся в фосфолипидах клеточной мембраны, что приводит к образованию эйконазоидов, способствующих секреции слизи бокаловидными клетками и воспалению тканей [13]. Характерным изменением тканей при воспалительной реакции является гиперплазия [14], что зафиксировано в данном исследовании. Образование в эндотелиальных клетках стенок сосудов, подверженных васкулиту, таких цитокинов, как фактора некроза опухоли-α (ФНО-α) и интрелейкина-1, может привести к развитию апоптоза [15]. Апоптоз эндотелиальных клеток нарушает проницаемость стенок сосудов, что способствует кровоизлиянию и геморрагическим инфарктам [16]. Повреждения тканей лёгких крыс, экспонированных НЧ MoO_3, приводит к появлению компенсаторной эмфиземы, необходимой для восстановления нормального функционирования органа через гиперплазию и / или гипертрофию ткани с неизмененной морфологией [17]. В головном мозге крыс зафиксировано развитие субарахноидального кровоизлияния. Данная патология может быть спровоцирована нарушением целостности стенок сосудов [18]. Имеются сведения об увеличении экспрессии гена, отвечающего за генерацию ФНО-α, при субарахноидальном кровоизлиянии [19]. Следовательно, можно предположить, что развитие кровоизлияния в головном мозге имеет схожий механизм с развитием данной патологии в лёгких. Формирование паренхиматозных диспротеинозов в виде гиалиново-капельной и гидропической дистрофии гепатоцитов

может быть связано с изменением процессов синтеза белка [20] и / или разрушением мембран клеток и органоидов, обусловленных воздействием НЧ [21]. Гидропическая дистрофия связана с формированием «вакуолей» в результате разрыва внутримолекулярных связей и присоединением воды под воздействием гидролитических ферментов лизосом [20, 22]. Вероятным механизмом развития микровезикулярного стеатоза является увеличение синтеза триглицеридов в результате окислительного стресса [20]. Накопление триглицеридов способствует разрушению лизосом, из-за чего в цитоплазму клетки высвобождается катепсин В, вызывающий нарушение функций митохондрий и, как следствие, усиление свободнорадикальных процессов [23]. Развитие патоморфологических изменений клеток печени установлено на фоне отсутствия увеличения концентрации молибдена в данном органе. Период полувыведения накопившегося в печени молибдена составляет от нескольких часов до трех суток [24]. В связи с этим можно предположить, что избыток молибдена полностью элиминировался из печени, но активировал механизмы развития дистрофических изменений гепатоцитов.

Патоморфологические изменения тканей органов сопровождаются изменением их функций, что зафиксировано по изменению значений биохимических параметров крови. Так, следствием дистрофических изменений паренхиматозной ткани печени может являться увеличение активности ЩФ, ЛДГ и концентрации билирубина общего и прямого [25]. Повышение активности общей ЛДГ может быть инициировано патоморфологическими изменениями тканей лёгких и головного мозга [25].

Выводы. НЧ CuO при подостром ингаляционном воздействии в концентрации $1{,}84 \pm 0{,}41$ мг/м^3 депонируют в сердце, лёгких, почках и головном мозге крыс; повышается содержание молибдена в крови. Негативный эффект наноматериала проявляется в патоморфологических изменениях тканей лёгких, головного мозга и печени, сопровождающихся изменением значений биохимических параметров крови. Полученные результаты позволяют расширить теоретические представления и получить новые знания в области нанотоксикологии об особенностях токсического действия НЧ MoO_3 при подостром ингаляционном воздействии на организм.

Список литературы

1. Khan Ib., Saeed K., Khan Id. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities // Arabian Journal of Chemistry. – 2019. – Vol. 12, № 7. – P. 908–931. DOI: 10.1016/j.arabjc.2017.05.011

2. Molybdenum oxide nanopowder global market report 2023. Report Linker [Электронный ресурс]. – URL: https://www.reportlinker.com/p06456748/Molybdenum-Trioxide-Nanopowder-Global-Market-Report.html (дата обращения: 10.08.2023).

3. Molybdenum Trioxide Nanopowder Market. Transparency Market Research. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.transparencymarketresearch.com/molybdenum-trioxide-nanopowder-market.html (дата обращения: 10.08.2023).

4. Наночастицы сульфидов молибдена – новый класс добавок к углеводородным смазочным материалам / О.П. Паренаго, В.Н., Бакунин Г.Н. Кузьмина, А.Ю. Суслов, Л.М. Веденеева // Доклады Академии Наук. – 2002. – Т. 383, № 1. – С. 84–86.

5. Biological effects of molybdenum compounds in nanosized forms under in vitro and *in vivo* conditions / Z. Sobańska, L. Zapór, M. Szparaga, M. Stępnik // Int. J. Occup. Med. Environ. Health. – 2020. – Vol. 33, № 1. – P. 1–19. DOI: 10.13075/ijomeh.1896.01411

6. Inhalation exposure to atmospheric nanoparticles and Its associated impacts on human health: a review / S. Sonwani, S. Madaan, J. Arora, S. Suryanarayan, D. Rangra, N. Mongia [et al.] // Front. Sustain. Cities. – 2021. – Vol. 3. – P. 1–20. DOI: 10.3389/frsc.2021.690444

7. Indrakumar J., Korrapati P.S. Steering efficacy of nano molybdenum towards cancer: Mechanism of action // Biolog. Trace. Element. Res. – 2020. – Vol. 194, № 1. – P. 121–134. DOI: 10.1007/s12011-019-01742-2

8. In-vitro toxicity of molybdenum trioxide nanoparticles on human keratinocytes / K. Božinović, D. Nestić, U.G. Centra, A. Ambriović-Ristov, A. Dekanić, L. de Bisschop [et al.] // Toxicology. – 2020. – Vol. 444. – P. 152–164. DOI: 10.1016/j.tox.2020.152564

9. Toxicity of nano molybdenum trioxide toward invasive breast cancer cells / T.A. Tran, K. Krishnamoorthy, Y.W. Song, S.K. Cho, S.J. Kim // ACS Appl. Mater. Interfaces. – 2014. – Vol. 6, № 4. – P. 2980–2986. DOI: 10.1021/am405586d

10. Effect of molybdenum trioxide nanoparticles (MoO_3 NPs) on thyroid hormones in female rats / F. Assadi, H.R. Amirmoghadami, M. Shamseddin, K. Nedaei, A. Heidari // J. Human Environ. Health Prom. – 2016. – Vol. 1, № 4. – P. 189–195. DOI: 10.29252/jhehp.1.4.189

11. Zhang N., Xiong G., Liu Z. Toxicity of metal-based nanoparticles: Challenges in the nano era // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. – 2022. – Vol. 10. – P. 1–16. DOI: 10.3389/fbioe.2022.1001572

12. Oxidation state of Mo affects dissolution and visible-light photocatalytic activity of MoO_3 nanostructures / J. Peña-Bahamonde, C. Wu, S.K. Fanourakis, S.M. Louie, J. Bao, D.F. Rodrigues // J. Catal. – 2020. – Vol. 381, № 1. – P. 508–519. DOI: 1016/j.jcat.2019.11.035

13. Inflammatory mechanisms in the lung / B. Moldoveanu, P. Otmishi, P. Jani, J. Walker, X. Sarmiento, J. Guardiola [et al.] // J. Inflamm. Res. – 2009. – Vol. 2. – P. 1–11.

14. Primary Pulmonary Lymphoid Lesions: Radiologic and Pathologic Findings / A. Sirajuddin, K. Raparia, V.A. Lewis, T.J. Franks, S. Dhand, J.R. Galvin [et al.] // Radiographics. – 2016. – Vol. 36, № 1. – P. 53–70. DOI: 10.1148/rg.2016140339

15. Lentsch A.B., Ward P.A. Regulation of inflammatory vascular damage // J. Pathol. – 2000. – Vol. 190, № 3. – P. 343–348. DOI: 10.1002/(SICI)1096-9896(200002)190:3<343::AID-PATH522>3.0.CO;2-M

16. Pulmonary infarction in acute pulmonary embolism / F.H.J. Kaptein, L.J.M. Kroft, G. Hammerschlag, M.K. Ninaber, M.P. Bauer, M.V. Huisman [et al.] // Thromb. Res. – 2021. – Vol. 202. – P. 162–169. DOI: 10.1016/j.thromres.2021.03.022

17. Hsia C.C.W. Signals and mechanisms of compensatory lung growth // J. Appl. Physiol. – 2004. – Vol. 97, № 5. – P. 1992–1998. DOI: 10.1152/japplphysiol.00530.2004

18. Fuller G., Manford M. Subarachnoid hemorrhage / In: Neurology (Third edition). – Elsevier Inc, 2010. – P. 72–73.

19. Weng Y. Investigation of molecular regulation mechanism under the pathophysiology of subarachnoid hemorrhage // Open Life Sci. – 2021. – Vol. 16, № 1. – P. 1377–1392. DOI: 10.1515/biol-2021-0138

20. Струков А.И., Серов В.В. Патологическая анатомия: учебник. – М.: Литтерра, 2010. – 880 с.

21. In vitro cytotoxicity of nanoparticles in mammalian germline stem cells / L. Braydich-Stolle, S. Hussain, J.J. Schlager, M.C. Hoffman // Toxicol. Sci. – 2005. – Vol. 88, № 2. – P. 412–419. DOI: 10.1093/toxsci/kfi256

22. Abdelhalim M.A.K., Jarrar B.M. Gold nanoparticles induced cloudy swelling to hydropic degeneration, cytoplasmic hyaline vacuolation, polymorphism, binucleation, karyopyknosis, karyolysis, karyorrhexis and necrosis in the liver // Lipids Health Dis. – 2011. – Vol. 10. – P. 1–6. DOI: 10.1186/1476-511X-10-166

23. The lysosomal-mitochondrial axis in free fatty acid–induced hepatic lipotoxicity / Z.Z. Li, M. Berk, T.M. McIntyre, G.J. Gores, A.E. Feldstein // Hepatology. – 2008. – Vol. 47, № 5. – P. 1495–1503. DOI: 10.1002/hep.22183

24. Kapp Jr. R.W. Molybdenum / In: Encyclopedia of toxicology (Third edition). – Elsevier Inc., 2014. – P. 383–388.

25. Назаренко Г.И., Кишкун А.А. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований. – М.: Медицина, 2006. – 543 с.

Анализ заболеваемости населения промышленного города, связанной с дефицитом микронутриентов

Б.И. Марченко, К.С. Тарасенко

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Ростов-на-Дону, Россия

Изучены вопросы патологических состояний, связанных с дефицитом микронутриентов, прежде всего йода, в г. Таганроге Ростовской области. Представлены результаты ретроспективного за период 2013–2022 гг. и среднесрочного проспективного анализа заболеваемости населения такими нозологическими формами, как синдром врожденной йодной недостаточности (E00), эндемический зоб, связанный с йодной недостаточностью (E01.0-2), субклинический гипотиреоз и другие формы гипотиреоза (E02, E03), другие формы нетоксического зоба (E04), тиреотоксикоз (гипертиреоз) (E05) и тиреоидит (E06). Аналитические материалы, характеризующие частоту, структуру и тенденции динамики указанных заболеваний являются высокоинформативным компонентом датчиковой среды в задачах изучения причинно-следственных связей в системе «среда обитания – здоровье населения» при ведении социально-гигиенического мониторинга.

Ключевые слова: социально-гигиенический мониторинг, микронутриенты, йододефицитные заболевания, эндемический зоб, гипотиреоз.

Одним из последствий дефицита йода являются йододефицитные заболевания, представляющие собой ряд экологически обусловленных патологических состояний, в том числе болезней щитовидной железы с нарушениями синтеза и секреции ее гормонов [1–5]. К наиболее тяжелым последствиям при сочетании существенного дефицита йода в рационе с аутоиммунным тиреоидитом относят гипотиреоз, обусловленный недостатком тиреоидных гормонов в организме [6–9]. Легкий и умеренный дефицит йода признается фактором риска развития тиреотоксикоза, особенно в старших возрастных группах населения. Йодный дефицит также является одним из распространенных этиологических факторов диффузного нетоксического зоба. Доказано, что сниженное поступление йода во время беременности из-за хронической

стимуляции щитовидной железы способствует формированию зоба как у самой беременной, так и у плода [10–13]. Крайне серьезным последствием даже умеренного йододефицита является нарушение интеллектуального развития с уменьшением индекса IQ среди населения, проживающего в эндемичном регионе. К наиболее эффективным и достаточно малозатратным методам профилактики йододефицитных заболеваний относится массовая йодная профилактика, которая заключается в йодировании пищевой соли и хлебопродуктов. В периоды наибольшего риска развития йододефицитных заболеваний, включая периоды беременности и грудного вскармливания, целесообразно проведение индивидуальной йодной профилактики с приемом физиологических доз йодида калия [14–16]. Таким образом, систематическое динамическое наблюдение за йододефицитными заболеваниями представляет собой одну из важных подсистем национальной системы социально-гигиенического мониторинга, а его результаты являются высокоинформативными индикаторами, характеризующими состояние здоровья населения на популяционном уровне [9].

Цель исследования – ретроспективный и проспективный анализ связанной с дефицитом микронутриентов заболеваемости населения г. Таганрога Ростовской области.

Материалы и методы. В рамках социально-гигиенического мониторинга проведено изучение частоты, структуры и динамики эндокринной патологии среди населения г. Таганрога Ростовской области с населением около 250 тыс. человек по данным медико-статистических отчетных форм лечебно-профилактических учреждений № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения» за период 2013–2022 гг. При проведении исследований применены профессиональный пакет статистических программ IBM SPSS Statistics (Statistical Package for Social Science), version 19.0, база данных информационно-аналитического программного комплекса «Криста» системы социально-гигиенического мониторинга, а также авторское программное обеспечение, включая универсальную программу Turbo Dynamics, version 1.02 (статистический анализ многолетней динамики, среднесрочное экстраполяционное прогнозирование и моделирование).

Результаты. Результаты проведенного анализа динамики первичной заболеваемости населения Таганрога свидетельствуют о том, что в отношении суммарной частоты изучаемых нозологических форм за последнее десятилетие сформировалась тенденция к снижению при среднегодовом темпе прироста -2,64 % за счет заболеваемости эндемическим зобом, связанным с йодной недостаточностью (E01.0-2), снижение заболеваемости которым характеризовалось среднегодовым темпом прироста -9,89 %. По остальным учитываемым нозологическим формам сформировались тенденции к росту заболеваемости. В структуре зарегистрированных в 2013–2022 гг. заболеваний, связанных с дефицитом микронутриентов, превалирует тиреоидит (E06), удельный вес которого составляет 40,21 % при среднемноголетнем уровне заболеваемости 27,35 ‰; на втором ранговом месте находится эндемический зоб (33,83 % и 23,01 ‰), на третьем – другие формы нетоксического зоба (12,26 % и 5,32 ‰). На основе построенных теоретических линий многолетних тенденций проведено среднесрочное прогнозирование на ближайшие два года. Так, ожидаемая суммарная частота йододефицитных заболеваний в 2023 г. составляет 58,04 ‰, в 2024 г. – 56,22 ‰, в том числе эндемического зоба соответственно 14,03 ‰ и 13,15 ‰ (табл. 1, рис. 1 и 2).

Таблица 1

Динамика частоты йододефицитных заболеваний в г. Таганроге в 2013–2022 гг. и среднесрочный прогноз на 2023 и 2024 гг.

Год		Наименование нозологической формы					Всего
		эндемический зоб, связанный с йодной недостаточностью (E01.0-2)	субклинический гипотиреоз и другие формы гипотиреоза (E02, E03)	другие формы нетоксического зоба (E04)	тиреотоксикоз (гипертиреоз) (E05)	тиреоидит (E06)	
2013	‰	29,44	3,53	1,57	2,75	17,27	54,56
2014		42,59	11,44	5,92	2,76	21,29	83,99
2015		24,90	1,98	4,74	6,32	38,73	76,67
2016		28,28	4,38	5,58	3,98	39,83	82,06
2017		20,38	3,20	5,59	3,20	21,97	54,34
2018		29,62	6,40	28,02	2,80	36,82	103,66
2019		18,10	1,21	8,45	6,03	26,54	60,32
2020		7,24	5,23	5,23	4,83	18,10	40,62
2021		15,71	6,85	3,63	4,03	39,07	69,28
2022		13,84	8,96	14,66	3,26	13,84	54,56
2013–2022	СМУ (‰)	23,01	5,06	5,32	4,00	27,35	68,01
	%	33,83	7,82	12,26	5,88	40,21	100,00
	Ранг	2	4	3	5	1	н/о
	СгТП (%)	-9,89	+4,01	+9,21	+3,29	+1,56	-2,64
Прогноз (‰)	2023	14,03	6,80	14,00	4,42	28,78	58,04
	2024	13,15	7,07	15,29	4,46	28,92	56,22

Рис. 1. Динамика частоты йододефицитных заболеваний в г. Таганроге в 2013–2022 гг.

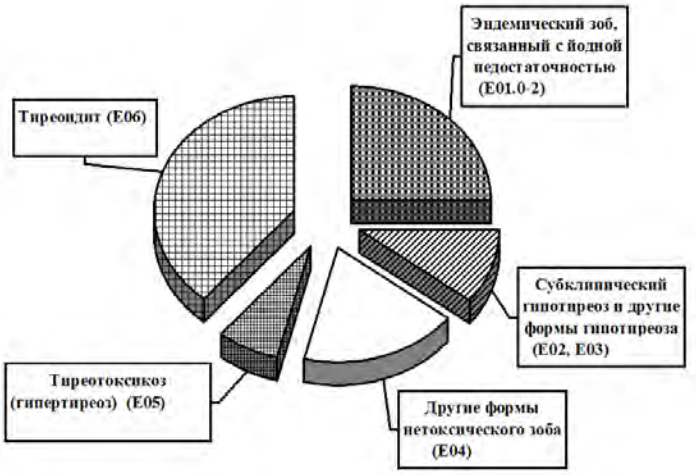


Рис. 2. Структура йододефицитных заболеваний в г. Таганроге в 2013–2022 гг.

Среди взрослых в возрасте 18 лет и старше за последние десять лет частота заболеваний, связанных с дефицитом микронутриентов, оставалась достаточно стабильной при слабо выраженной тенденции к росту со среднегодовым темпом прироста +2,73 %. При этом выраженная тенденция к снижению определена в отношении эндемического зоба (-15,99 %), к росту частоты заболеваний – субклинического гипотиреоза и других форм гипотиреоза, а также тиреотоксикоза при среднегодовых темпах прироста тенденций соответственно +11,24 и +7,68 %. В структуре й ододефицитных заболеваний взрослых превалирует тиреоидит с удельным весом 67,41 % и среднемноголетним уровнем заболеваемости 25,36 ‰, на втором ранговом месте находится тиреотоксикоз (10,95 % и 5,09 ‰), на третьем – другие формы нетоксического зоба (8,68 % и 4,12 ‰). Затем следуют занимающие четвертое и пятое ранговые места субклинический гипотиреоз (8,27 %, 3,11 ‰) и эндемический зоб, связанный с йодной недостаточностью (4,69 %, 1,76 ‰). Прогнозируемая суммарная частота йододефицитных заболеваний среди взрослых 18 лет и старше в 2023 г. составляет 40,99 ‰, в 2024 г. – 41,32 ‰, в том числе тиреоидита соответственно 27,09 ‰ и 27,27 ‰ (табл. 2).

В отношении детей в возрасте 0–14 лет определена выраженная тенденция к снижению частоты йододефицитных заболеваний при среднегодовом темпе прироста -10,71 %. Тенденция к росту заболеваемости диагностирована только для других форм нетоксического зоба (+11,60 %). В структуре йододефицитных заболеваний детей приоритетной нозологической формой является эндемический зоб с удельным весом 70,51 % и среднемноголетним уровнем заболеваемости 114,06 ‰. Второе ранговое место занимает тиреоидит (11,26 % и 13,95 ‰), третье – субклинический гипотиреоз и другие формы гипотиреоза (9,63 % и 13,57 ‰), четвертое и пятое соответственно – другие формы нетоксического зоба (8,39 % и 10,99 ‰) и тиреотоксикоз (1,22 % и 1,97 ‰). Результаты проспективного анализа свидетельствуют об ожидаемой частоте йододефицитных заболеваний среди детей в 2023 и 2024 гг. – соответственно 68,87 и 51,99 ‰, в том числе эндемического зоба – 43,14 и 31,40 ‰ (табл. 3).

Таблица 2

Динамика частоты йододефицитных заболеваний среди взрослых лиц 18 лет и старше в г. Таганроге за период 2013–2022 гг. и прогноз на 2023 и 2024 гг.

Год		Наименование нозологической формы					Всего
		эндемический зоб, связанный с йодной недостаточностью (E01.0-2)	субклинический гипотиреоз и другие формы гипотиреоза (E02, E03)	другие формы нетоксического зоба (E04)	тиреотоксикоз (гипертиреоз) (E05)	тиреоидит (E06)	
2013	‰	4,65	1,39	1,39	1,86	17,19	26,48
2014		2,81	4,22	6,09	2,34	21,55	37,01
2015		1,41	1,41	0,00	6,60	33,46	42,89
2016		2,39	1,92	0,96	4,31	31,60	41,17
2017		0,97	2,42	4,83	3,38	19,33	30,93
2018		1,46	3,90	2,92	3,41	32,63	44,31
2019		1,47	0,98	1,97	5,40	24,56	34,39
2020		1,48	5,91	1,97	4,93	20,69	34,97
2021		0,49	4,45	0,49	4,95	42,03	52,42
2022		0,50	4,51	12,02	4,01	10,52	31,56
2013–2022	СМУ (‰)	1,76	3,11	4,12	5,09	25,36	37,61
	%	4,69	8,27	8,68	10,95	67,41	100,00
	Ранг	5	4	3	2	1	н/о
	СгТП (%)	-15,99	+11,24	+3,74	+7,68	+2,06	+2,73
Прогноз (‰)	2023	0,74	4,81	3,23	5,05	27,09	40,99
	2024	0,70	5,11	3,33	5,14	27,27	41,32

Таблица 3

Динамика частоты йододефицитных заболеваний среди детей 0–14 лет в г. Таганроге за период 2013–2022 гг. и прогноз на 2023 и 2024 гг.

Год		Наименование нозологической формы					Всего
		эндемический зоб, связанный с йодной недостаточностью (E01.0-2)	субклинический гипотиреоз и другие формы гипотиреоза (E02, E03)	другие формы нетоксического зоба (E04)	тиреотоксикоз (гипертиреоз) (E05)	тиреоидит (E06)	
2013	‰	130,75	12,16	3,04	6,08	15,20	167,24
2014		245,57	50,30	0,00	0,00	11,83	307,70
2015		131,50	2,86	22,87	5,72	20,01	182,95
2016		120,99	16,50	16,50	2,75	30,25	186,98
2017		95,61	5,31	10,62	0,00	13,28	124,83
2018		158,57	15,60	83,19	0,00	31,19	288,55
2019		100,23	0,00	10,28	0,00	0,00	110,51
2020		25,56	2,56	15,34	5,11	2,56	51,13
2021		70,92	7,60	5,07	0,00	7,60	91,18
2022		60,88	22,83	15,22	0,00	7,61	106,55

Окончание табл. 3

Год		Наименование нозологической формы					Всего
		эндемический зоб, связанный с йодной недостаточностью (E01.0-2)	субклинический гипотиреоз и другие формы гипотиреоза (E02, E03)	другие формы нетоксического зоба (E04)	тиреотоксикоз (гипертиреоз) (E05)	тиреоидит (E06)	
2013–2022	СМУ (‰)	114,06	13,57	10,99	1,97	13,95	161,76
	%	70,51	9,63	8,39	1,22	11,26	100,00
	Ранг	1	3	4	5	2	н/о
	СгТП (%)	-11,24	-5,40	+11,60	-22,23	-11,60	-10,71
Прогноз (‰)	2023	43,14	8,78	16,29	0,32	5,35	68,87
	2024	31,40	8,56	16,68	0,16	3,79	51,99

Таким образом, результаты ретроспективного анализа свидетельствуют, что в г. Таганроге Ростовской области сохраняет высокую актуальность проблема профилактики заболеваний, обусловленных дефицитом йода и других микронутриентов.

Список литературы

1. Мельниченко Г.А., Трошина Е.А., Герасимов Г.А. Йододефицитные заболевания как неинфекционная эпидемия: взгляд на проблему в условиях пандемии COVID-19 // Терапевтический архив. – 2020. – Т. 92, № 10. – С. 4–8. DOI: 10.26442/00403660.2020.10.000768

2. Воздействие питания и образа жизни на здоровье населения / Д.В. Турчанинов, Е.А. Вильмс, Л.А. Боярская, М.С. Турчанинова // Пищевая промышленность. – 2015. – № 1. – С. 8–11.

3. Ятрогенные дефициты микронутриентов / Е.В. Ших, А.А. Махова, А.В. Чемерис, И.А. Тормышов // Вопросы питания. – 2021. – Т. 90, № 4 (536). – С. 53–63. DOI: 10.33029/0042-8833-2021-90-4-53-63

4. Йододефицитные заболевания: текущее состояние проблемы в Брянской области / Е.А. Трошина, Н.П. Маколина, Е.С. Сенюшкина, Л.В. Никанкина, Н.М. Малышева, А.В. Фетисова // Проблемы эндокринологии. – 2021. – Т. 67, № 4. – С. 84–93. DOI: 10.14341/probl12793

5. Кочергина И.И. Эндемический зоб и другие йододефицитные заболевания // Медицинский совет. – 2008. – № 3–4. – С. 13–17.

6. Bouga M., Lean M.E.J., Combet E. Contemporary challenges to iodine status and nutrition: the role of foods, dietary recommendations, fortification and supplementation // Proceedings of the Nutrition Society. – 2018. – № 77 (3). – P. 302–313. DOI: 10.1017/S0029665118000137

7. Трошина Е.А. К вопросу о недостатке и избытке йода в организме человека // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2010. – Т. 6, № 4. – С. 9–16.

8. Исинова Г.Н. Особенности профилактики йододефицитных заболеваний (обзор литературы) // Наука и новые технологии. – 2011. – № 7. – С. 62–64.

9. Оценка индикаторов медико-биологического мониторинга йододефицитных заболеваний / Л.А. Суплотова, О.Б. Макарова, Л.С. Ковальжина, Г.В. Шарухо // Бюллетень сибирской медицины. – 2019. – Т. 18, № 1. – С. 96–108. DOI: 10.20538/1682-0363-2019-1-96-108

10. Беспалов В.Г., Туманян И.А. Йод и женское здоровье // Consilium medicum. – 2019. – Т. 21, № 6. – С. 13–21. DOI: 10.26442/20751753.2019.6.190568

11. Богатырева Л.Н., Албакова М.Х., Албакова Х.А. Йододефицитные состояния у беременных и детей раннего возраста // Успехи современной науки. – 2016. – Т. 10, № 11. – С. 61–63.

12. Zimmermann MB. The importance of adequate iodine during pregnancy and infancy // World Review of Nutrition and Dietetics. – 2016. – Vol. 115. – P. 118–124. DOI: 10.1159/000442078

13. Бельмер С.В. Распространенность дефицита микронутриентов у детей в России // Вопросы диетологии. – 2015. – Т. 5, № 1. – С. 11–12.

14. Йододефицитные заболевания и их профилактика / М.В. Есина, О.А. Старцева, Е.И. Ямашкина, О.Н. Ефремова, В.С. Барашкина // Терапия. – 2017. – № 53. – С. 15–18.

15. Профилактика йододефицитных заболеваний: в фокусе региональные целевые программы / И.И. Дедов, Н.М. Платонова, Е.А. Трошина [и др.] // Проблемы эндокринологии. – 2022. – Т. 68, № 3. – С. 16–20. DOI: 10.14341/probl13119

16. Абдулхабирова Ф.М. Профилактика йододефицитных состояний и аутоиммунные заболевания щитовидной железы // Consilium medicum. – 2014. – Т. 16, № 4. – С. 50–54.

Особенности иммунного статуса взрослых с патологией эндокринной системы, контаминированных марганцем

А.В. Ярома, О.А. Казакова, О.В. Долгих

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадора, г. Пермь, Россия

Изучены особенности иммунного профиля взрослых с патологией эндокринной системы, проживающих в Восточной Сибири и контаминированных марганцем. Выявлены особенности дисбаланса цитокинового профиля (повышение экспрессии гамма-интерферона, угнетение VEGF), ферментов детоксикации (понижением глутатионпероксидазы). Корреляционный анализ Кендалла позволил выявить достоверную обратную зависимость уровня VEGF от уровня марганца в крови (r = -0,26; p < 0,05).

Ключевые слова: патология эндокринной системы, ожирение, взрослые, марганец, цитокининовый дисбаланс, антиоксидантная система.

В современном мире наблюдается тенденция увеличения числа лиц, страдающих разными формами ожирения. Эти заболевания сопровождаются проблемами нарушения обмена эссенциальных элементов (в частности, марганца) [1].

В организме марганец участвует в повышении утилизации жиров, снижении уровня липидов, препятствует жировой дегенерации печени [2], выступает в роли кофактора ферментативных реакций. В избытке марганец может привести к повреждению нервной системы [3], к изменениям в костной и соединительной тканях, в иммунной и половой системах, а также повлиять на состояние поджелудочной железы [4].

Взрослый организм менее чувствителен к действию марганца, чем детский, но, по сравнению с последним, чаще сталкивается с негативным влиянием данного элемента, особенно в связи с условиями труда [5].

При ингаляционном поступлении 60–70 % марганца утилизируется из организма системой мукоцилиарного клиренса, а оставшаяся часть откладывается в легочной паренхиме, где избирательно фагоцитируется альвеолярными макрофагами или же в союзе с транспортным белком трансферрином проходит путем трансцитозиса через альвеолярный эпителей и проникает в кровь [6–8].

На данный момент не выявлено достоверных диагностических маркеров эффекта, ассоциированных с воздействием марганца на организм, которые можно использовать как индикаторные в досимптоматический период, чтобы предотвратить развитие нарушений со стороны эндокринной системы [9].

Таким образом, поиск индикаторных маркеров развития патологии эндокринной системы у взрослых, ассоциированной с контаминацией организма марганцем выше фонового уровня, является актуальной темой.

Цель исследования – оценка особенностей иммунного профиля взрослых с диагностированным ожирением, проживающих в Восточной Сибири в условиях различной аэрогенной экспозиции марганцем.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 92 человека (22–53 лет), проживающих в Восточной Сибири, страдающих ожирением. Группа наблюдения включала 58 взрослых (36,9 ± 1,5 года) с патологией эндокринной системы (ожирение), контаминированных марганцем выше фонового уровня, и 34 человека с патологией эндокринной системы (ожирение) без избыточной контаминации вошли в группу сравнения (36 ± 2 года). Группы сопоставимы по возрасту, социальному статусу и этнической принадлежности. Обследование проводилось на базе ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации ВМА.

Химико-аналитические исследования содержания марганца в крови проводились методом спектрофотометрии на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой ICP-MS фирмы Agilent 7500cx (США).

Выполнены исследования состояния иммунной системы у взрослых с использованием унифицированных методик иммуноферментного анализа на анализаторе ELx808 (BioTek, США) (VEGF, «Интерферон-гамма»), на иммуноферментном микропланшете автоматическом Infinite F50 (Tecan, Австрия) (глутатионпероксидаза). Определение сывороточного иммуноглобулина IgG выполняли методом радиальной иммунодиффузии по Манчини; железо в сыворотке крови – колориметрическим фотометрическим методом. Исследование показателей липидного спектра

(холестерина общего) выполнено с помощью автоматического биохимического анализатора Keylab (BPC+Biosed, Италия).

Обработка данных осуществлялась с помощью программ Statistica 12.0 (StatSoft, Inc., США) и Microsoft Excel 2013. Определяли среднее значение (*X*) и его стандартную ошибку среднего (*SE*). Сравнение средних осуществлялось методом *t*-критерия Стьюдента. Для оценки зависимости исследуемых маркеров эффекта от уровня контаминации крови марганцем использовался непараметрический корреляционный метод Кендалла. При уровне значимости более 95 % ($p < 0,05$) межгрупповые различия считали достоверными.

Результаты. По результатам химико-аналитического исследования крови детей установлено, что уровень марганца в группе наблюдения (0,018 ± 0,001 мкг/см^3) характеризуется достоверным повышением в 1,4 раза относительно фонового диапазона (0,006–0,013 мкг/см^3) и группы сравнения (0,013 ± 0 мкг/см^3).

По результатам иммунологических исследований установлено достоверное понижение в группе наблюдения показателя цитокинового профиля VEGF в 1,5 раза [10]; фермента эндогенной антиоксидантной защиты – глутатионпероксидазы – в 1,14 раза (на 14 %) [11]; гиперпродукция IgG на 14 % по отношению к группе сравнения [12,13].

Наблюдался избыточная экспрессия гамма-интерферона – ингибитора ангиогенеза по отношению к группе сравнения в 2,7 раза [10]. Оценка уровня маркеров липидного спектра установила понижение уровня общего холестерина на 8 %, что согласуется с воздействием Mn на липидный обмен [14]. Понижение уровня железа группы наблюдения по сравнению с группой сравнения в 1,2 раза согласуется с информацией о влиянии дефицита железа на реабсорбцию марганца, вызывая его избыток [15].

Методом корреляционного анализа Кендалла была подтверждена обратная достоверная зависимость уровня VEGF и холестерина общего с концентрацией марганца в крови ($r = -0,26$ и $r = -0,16$; $p < 0,05$ соответственно).

Таким образом, установлено, что взрослые с патологией эндокринной системы (ожирением), контаминированные марганцем, характеризуются достоверным изменением уровня липидных (холестерин общий) показателей, фермента эндогенной антиоксидантной защиты (глутатионпероксидазы), цитокининовым дисбалансом (VEGF, гамма-интерферона), дисбалансом показателя гуморального иммунитета (IgG), уменьшением уровня железа в крови (таблица).

Особенности иммунного статуса и гомеостаза детей исследуемых групп

Показатель	Референтный диапазон	Наблюдение	Сравнение	*p* (*t*)
Железо, мкмоль/дм^3	6,6–26	13,72 ± 1,97	16,82 ± 2,004	**0,0320**
Холестерин общий, ммоль/дм^3	0–5,16	5,20 ± 0,23	5,64 ± 0,32	**0,0280**
IgG, г/дм^3	10–18	11,93 ± 0,82	13,60 ± 0,86	**0,0070**
VEGF (ИФАК), пг/мл	10–700	210,54 ± 33,25	313,98 ± 73,51	**0,0120**
Глутатионпероксидаза, нг/см^3	35,2–87	65,54 ± 9,92	74,85 ± 0,64	**0,0490**
Интерферон-гамма, пг/мл	0–15	1,58 ± 0,88	0,58 ± 0,18	**0,0300**

Выводы. Установлено, что взрослые с патологией эндокринной системы, контаминированные марганцем, характеризуются достоверным повышением цитокининового дисбаланса: гамма-интерферона; снижением ферментов эндогенной антиоксидантной защиты и дисбаланса гуморального иммунитета и цитокининов (глутатионпероксидазы, IgG), а также васкулярно-эндотелиального фактора роста VEGF, наблюдаемое снижение концентрации которого характеризовалось обратной достоверной (r = -0,26; $p < 0,05$) зависимостью от уровня марганца в крови.

Таким образом, контаминация марганцем как результат его аэрогенной экспозиции определяет особенности течения метаболического синдрома, сопровождающегося снижением уровня общего холестерина, но одновременно повышением провоспалительного цитокина гамма-интерферона, характеризующегося альтерацией эндотелия сосудов, дефицитом протективного васкулярного фактора и основного компартмента детоксикации – глутатионпероксидазы, формирующих негативный сценарий прогрессирования нарушений липидного обмена.

Список литературы

1. Skalnaya M.G., Skalny A.V. Essential trace elements in human health: a physician's view // Tomsk: Publishing House of Tomsk State University. – 2018. – P. 612–615.

2. Цыган В.Н., Скальный А.В., Мокеева Е.Г. Спорт. Иммунитет. Питание / В.Н. Цыган, А.В. Скальный, Е.Г. Мокеева. – СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2012. – 240 с.

3. Lee J.W. Manganese intoxication // Archives of neurology. – 2000. – № 57 (4). – P. 597–599. DOI: 10.1001/archneur.57.4.597

4. Кудрин А.В., Громова О.А. Микроэлементы в неврологии. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 304 с.

5. Biomarkers of environmental manganese exposure and associations with childhood neurodevelopment: a systematic review and meta-analysis / W. Liu, Y. Xin, Q. Li, Y. Shang, Z. Ping, J. Min, C.M. Cahill, J.T. Rogers, F. Wang // Environ Health. – 2020. – Vol. 19 (1). – P. 104. DOI: 10.1186/s12940-020-00659-x

6. Нугайбекова Г.А., Берхеева З.М. Значение марганца в жизни человека (обзор литературы) // Мед. труда и пром. экол. – 2011. – № 9. – С. 30–31.

7. Andersen M.E., Gearhart J.M., Clewell H.J. Pharmacokinetic data needs to support risk assessments for inhaled and ingested manganese // Neurotoxicology. – 1999. – Vol. 20 (2-3). – P. 161–171.

8. Burton N.C., Guilarte T.R. Manganese Neurotoxicity: Lessons Learned from Longitudinal Studies in Nonhuman Primates // Environm. Health Perspect. – 2009. – Vol. 117 (3). – P. 325–332.

9. Roney N., Colman J. Interaction profile for lead, manganese, zinc, and copper // Environ Toxicol Pharmacol. – 2004. – Vol. 18 (3). – P. 231–234. DOI: 10.1016/j.etap.2004.01.008

10. Светозарский Н.Л., Артифексова А.А., Светозарский С.Н. Фактор роста эндотелия сосудов: биологические свойства и практическое значение (обзор литературы) // Journal of Siberian Medical Sciences. – 2015. – № 5 –С. 24.

11. Мазунина Д.Л. Негативные эффекты марганца при хроническом поступлении в организм с питьевой водой // Экология человека. – 2015. – № 3. – С. 25–31.

12. Маркерные показатели реализации у детского населения аллергических реакций, ассоциированных с аэрогенным воздействием соединений марганца и никеля / С.Л. Валина, И.Е. Штина, О.А. Маклакова, Д.А. Эйсфельд, О.Ю. Устинова // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 4. – С. 84–91.

13. Иммунная и нейроэндокринная регуляция в условиях воздействия химических факторов различного генеза: монография / Н.В. Зайцева, Д.В. Ланин, В.А. Черешнев. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед.политехн. ун-та, 2016. – 236 с.

14. High manganese exposure decreased the risk of high triglycerides in workers: a cross-sectional study / X. Luo, Z. Liu, X. Ge, S. Huang, Y. Zhou, D. Li, L. Li, X. Chen, L. Huang, Q. Hou, H. Cheng, L. Xiao, C. Liu, Y. Zou, X. Yang // BMC Public Health – 2020. – № 20. – P. 874. DOI: 10.1186/s12889-020-09011-x

15. Иванов В., Козлов А. Гипермикроэлементозы. Избыток марганца // Ветеринарное дело. – № 3. – 2022. – С. 6–7.

Раздел III

Оценка и минимизация риска для здоровья детей и подростков, в том числе в образовательных учреждениях, организациях отдыха и оздоровления

Особенности экспрессии TNF-подобного индуктора апоптоза и Annexin V на клетках периферической крови у детей в условиях контаминации биосред бензолом

И.Н. Аликина[1], О.В. Долгих[1,2]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
г. Пермь, Россия

Рассматривается влияние условий контаминации биосред бензолом на иммунный профиль детей, длительное время проживающих на селитебной территории, расположенной в зоне влияния выбросов предприятия машиностроительной отрасли. Изучены показатели иммунитета методами проточной цитометрии и аллергосорбентного тестирования.

В условиях контаминации крови исследуемым гаптеном наблюдалось достоверное увеличение экспрессии CD255 (TWEAK), Annexin V и IgG специфического к бензолу у детей основной группы исследования. Таким образом, контаминация биосред бензолом сопряжена с дисбалансом иммунного профиля, который выражается гиперпродукцией мембранных медиаторов клеточной гибели и специфической гаптенной сенсибилизацией, что подтверждает гипотезу участия бензола в модификации апоптоза посредством его TNF-подобного индуктора и Annexin V.

Ключевые слова: апоптоз, детское население, аэрогенная экспозиция, бензол.

Бензол может быть обнаружен во всех без исключения объектах окружающей среды. Обычно он выбрасывается в атмосферный воздух в результате деятельности промышленных и транспортных объектов, что, в свою очередь, приводит к масштабному воздействию на окружающую среду. Наиболее распространенным путем воздействия бензола на организм является вдыхание его с атмосферным воздухом, однако он быстро проникает через кожу в результате загрязнения им воды и пищи. Хотя бензол был заменен менее токсичными растворителями, он по-прежнему является компонентом нефтепродуктов, включая бензин, и является незначительной примесью в промышленных продуктах, что приводит к его постоянному воздействию.

Выбросы предприятий нефтехимической промышленности являются основными источниками загрязнения атмосферного воздуха ароматическими углеводородами [1]. При любом пути воздействия химических веществ возникает их непосредственный контакт с клетками иммунной системы, и формируется системная реакция с соответствующими клинико-иммунологическими и гематологическими проявлениями [2]. Иммунная система выполняет жизненно важную функцию распознавания и устранения вторгающихся патогенов и злокачественных новообразований.

Бензол и его метаболиты оказывают выраженное гематотоксическое действие, при этом в наибольшей степени страдает лимфоидная линия клеток, так как полигидроокисленные метаболиты бензола аккумулируются в костном мозге и лимфоидных органах, вызывая гипоплазию и уменьшение *Т*-клеточности центральных и перифе-

рических органов иммунной системы [3]. Из экспериментальных исследований известно, что бензол является иммунодепрессантом, подтверждением тому могут быть работы, в которых показано, что обработка мышей бензолом приводит к снижению количества антителобразующих клеток и угнетению бласттрансформации Т- и В-клеток, индуцированной соответствующими митогенами [4, 5].

Поскольку бензол является хорошо известным канцерогеном для человека, изучение маркеров гибели клеток может быть актуальным для снижения и предотвращения риска на ранних стадиях формирования потенциальных канцерогенных эффектов, инициируемых экспозицией бензолом.

Цель исследования – изучение особенностей экспрессии ранних индикаторов апоптоза (TNF-подобного индуктора апоптоза и Annexin V) у детей в условиях контаминации биосред бензолом.

Материалы и методы. Для выявления связи нарушений соматического здоровья детского населения с неблагоприятными санитарно-гигиеническими условиями на территории проживания было проведено сравнительное изучение иммунологического состояния у детей, посещающих школьные учреждения. Обследован 141 ребенок в возрасте от 7 до 15 лет – дети, проживающие в зоне влияния предприятия машиностроительной отрасли (прилегающей к границам санитарно-защитной зоны), а также 39 детей, проживающих на условно чистой территории. Гендерный состав всех групп обследуемых детей был представлен относительно равным процентным соотношением девочек и мальчиков. Дети всех групп проживали на территории исследования с рождения.

Для выявления воздействия химических факторов среды обитания на состояние здоровья проведено изучение содержания приоритетного загрязняющего вещества (бензол) в атмосферном воздухе. Идентификация бензола в биосреде (кровь) выполнялась на капиллярном газовом хроматографе «Кристалл 5000» (ЗАО СКБ «Хроматэк», Россия) в соответствии с методическими указаниями сотрудниками химико-аналитического отдела нашего Центра.

Иммунологическое исследование проводили на лазерном цитофлюориметре FACSCalibur (Becton Dickinson, США) методом проточной цитометрии. Окрашивание мононуклеарных клеток периферической крови человека производилось TWEAK-специфичными антителами (CD255) фирмы Becton Dickinson (США), очищенными аффинной хроматографией и конъюгированными с PE (фикоэритрином) в оптимальных условиях согласно методике производителя. Лимфоциты выделяли из периферической крови путем центрифугирования в градиентном растворе фикол-урографин. Плотность градиента для фракционирования форменных элементов крови человека равна 1,077 г/см^3 после окрашивали клетки аннексином V FITC (изотиоцианат флуоресцеин). Для проведения контроля качества проб использовали изотипические контрольные антитела IgG1-PE/FITC (BD, США).

Идентификация специфического IgG к бензолу осуществлялась с использованием конъюгированного с пероксидазой реагина методом аллергосорбентного тестирования. Фотометрическое измерение оптической плотности проводили на иммуноферментном анализаторе Sunrise (Tecan, Austria).

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica 10.0. Отличия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Критерии включения детей в группу исследования: возраст от 7 до 15 лет, проживание на территории наблюдения более трех лет, добровольное согласие на

забор крови из вены (детей / родителей). Критерии исключения: несоответствие критериям отбора, девиантное поведение, психические заболевания.

Результаты. По результатам проведенных исследований установлено превышение содержания бензола в крови детей группы наблюдения (0,001939 ± 0,000156 мг/дм^3) по отношению к группе сравнения (0,001153 ± 0,000168) в 1,7 раза ($p < 0,05$), а также к референтному интервалу с достижением уровня значимости.

Согласно результатам проведенного исследования значимое превышение относительного уровня трансмембранного рецептора суперсемейства TNF II типа CD255 и Ca2+-зависимого фосфолипидсвязывающего белка Аннексина V было обнаружено у 27,1–38,6 % обследованных группы наблюдения соответственно. Все исследуемые показатели в группе сравнения находились в пределах значений физиологической нормы (таблица).

Средние значения показателей иммунного профиля у детей, $M \pm m$

Показатель	Физиологическая норма	Группа наблюдения, $n = 141$	Группа сравнения, $n = 88$	P_1	P_2	P_3
CD255 (TWEAK) PE, %	12,11–15,29	17,54 ± 0,48	13,04 ± 0,39	0,000	Норма	0,000
Annexin V FITC	7,00–11,0	18,36 ± 0,73	10,49 ± 0,35	0,000	Норма	0,000
$IgG_{спец.}$ к бензолу, усл. ед.	0–0,15	0,426 ± 0,039	0,104 ± 0,006	0,000	Норма	0,000

Примечание: P_1 – достоверность различий показателей группы наблюдения с физиологической нормой; P_2 – достоверность различий показателей группы сравнения с физиологической нормой; P_3 – межгрупповое различие показателей группы наблюдения и группы сравнения по средним значениям

В группе наблюдения установлена достоверная повышенная экспрессия маркеров апоптоза CD255 в 1,3 раза и Annexin V – в 1,7 раза относительно группы детей, не экспонированных бензолом. Результаты исследования позволили выявить достоверно повышенную специфическую сенсибилизацию к бензолу по критерию IgG в сравнении с физиологической нормой у 79,8 % детей группы наблюдения, превышающую аналогичные показатели в группе сравнения в 4,1 раза ($p < 0,05$) (таблица).

В результате проведенной оценки относительного риска (*RR*) развития негативных эффектов у детского контингента в условиях избыточной контаминации бензолом установлено, что повышенный риск формирования нарушений иммунорегуляции и иммунопатологии отражает содержание специфического иммуноглобулина класса G к бензолу (*RR* = 8,07), а также экспрессию маркера CD255 (*RR* = 1,52) и Annexin V FITC (*RR* = 1,10).

Выводы. Таким образом, уровень экспрессии рецептора TWEAK, фосфатидилсерина меченого Annexin V и IgG специфического к бензолу в крови детей, экспонированных бензолом, значимо выше по сравнению с соответствующими данными группы сравнения. Полученные результаты подтверждают гипотезу участия бензола в модификации апоптоза посредством TNF-подобного индуктора апоптоза и Annexin V, что в то же время требует дальнейших исследований по верификации роли анализируемых маркеров экспозиции и эффекта в реализации механизма запрограммированной клеточной гибели. Критерии CD255, Annexin V и $IgG_{спец.}$ к бензолу рекомендуются рассматривать как предикторы формирования иммунорегуляторных нарушений у детей, экспонированных бензолом.

Список литературы

1. Clifford P. Weisel. Benzene exposure: an overview of monitoring methods and their findings // Chem. Bio.l Interact. – 2010. – Vol. 184 (1-2). – P. 58–66. DOI: 10.1016/j.cbi.2009.12.030.

2. Simon H.U. Neutrophil apoptosis pathways and their modifications in inflammation // Immunol. Rev. – 2003. – Vol. 193. – P. 101–110. DOI: 10.1034/j.1600-065x.2003.00038.x

3. Изменения системы крови при воздействии радиации и бензола / В.Н. Захаров, А.В. Караулов, В.В. Соколов, В.Н. Фраш. – Новосибирск: Наука, 1990. – 238 с.

4. Rozen M.G., Snyder C.A., Albert R.E. Depressions in B- and T-lymphocyte mitogen-induced blastogenesis in mice exposed to low concentrations of benzene // Toxicol. Lett. – 1984. – Vol. 20 (3). – P. 343–349. DOI: 10.1016/0378-4274(84)90170-x

5. Долгих О.В., Зайцева Н.В., Никоношина Н.А. Условия аэрогенной экспозиции бензолом и генетический статус как факторы формирования особенностей иммунного профиля у мужчин с нарушениями вегетативной регуляции // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2021 – Т. 171 (2). – С. 191–195. DOI: 10.47056/0365-9615-2021-171-2-191-195

Новые вызовы в формировании здорового образа жизни сельских школьников-подростков в контексте использования электронных устройств

Е.В. Васильев

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия

Длительное повседневное пользования цифровыми электронными устройствами старшеклассниками сельских школ вносит изменения в их образ жизни, характеризуется множественными жалобами на состояние здоровья. Среди подростков со сформированной интернет-зависимостью много лиц с высоким уровнем тревожности, напряженной и неудовлетворительной адаптацией. Несоблюдение продолжительности использования цифровых электронных средств каждым вторым старшеклассником не позволяет повышать долю лиц, приверженных здоровому образу жизни. С целью предупреждения негативного влияния на здоровье подростков цифровых устройств и повышения приверженности подростков здоровому образу жизни рекомендуется поднять на новый уровень систему гигиенического воспитания и обучения в сельских образовательных организациях, тиражируя наработанный опыт в этой сфере.

Ключевые слова: цифровые электронные устройства, сельские подростки-школьники, интернет-зависимость.

Средства информационно-коммуникационной среды (ИКС) (гаджеты, компьютеры) прочно вошли в жизнь детей школьного возраста, как в учебное, так и

внеучебное время. При этом в школе и дома, на улице дети имеют возможность доступа в сеть круглосуточно, проконтролировать длительность нахождения их в интернет-среде практически невозможно. Очевидно, что в условиях цифровизации жизни современных школьников меняется их образ жизни, как правило, не в лучшую сторону, вследствие чего ожидаемы и негативные последствия. Прежде всего, это может проявляться снижением когнитивных функций, повышением уровня тревожности [1], возрастанием риска избыточной массы тела вследствие недостаточной физической активности [2], учащением жалоб на усталость, головные боли [3] у детей и подростков. Длительное нахождение за экраном вызывает «компьютерно-зрительный синдром», проявляющийся комплексом симптомов со стороны органа зрения [4], компьютерную зависимость [5], способствует появлению болей в спине [6], приводит к нарушению сна [7].

Исследований, посвященных изучению проблем сельских детей, связанных с нахождением их в цифровой среде, и тому, как это влияет на их образ жизни и здоровье, крайне недостаточно, что и послужило основанием для данной работы.

Цель исследования – оценка влияния цифровых электронных устройств (ЦЭУ) на приверженность здоровому образу жизни и здоровье подростков-школьников, обучающихся в сельских образовательных организациях.

Материалы и методы. В онлайн-формате (программа Google forms) анонимно опрошены 119 учащихся 9–11-х классов сельских школ Пензенской области. Оценивали длительность использования гаджетов и компьютеров в школе и внеурочное время, в том числе в досуговый период, жалобы и их частоту. Верификацию интернет-поведения проводили по международной шкале интернет-зависимости в русскоязычной версии, в соответствии с которой было рассмотрено три вида пользования сетью: адаптивное – риск возникновения интернет-зависимости незначительный (27–42 балла по шкале Чена); неадаптивное – имеется склонность к формированию интернет-зависимости (43–64 балла); патологическое – сформирована выраженная интернет-зависимость (65 баллов и более) [7]. Реактивную и личностную тревожность определяли по шкале Спилберга – Ханина. Адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы школьников определяли по методике Р.М. Баевского. При статистической обработке для оценки значимости различий вычисляли *U*-критерий Манна – Уитни и критерий χ^2 Пирсона.

Результаты. Анализ ответов респондентов показал, что все опрошенные пользуются цифровыми электронными устройствами. Наиболее часто они используют смартфоны (68,91 %), реже персональные компьютеры (16,81 %), ноутбуки (9,24 %) и планшеты (5,04 %). 62,18 % учащихся пользуются ЦЭС преимущественно в учебных целях, 13,44 % – для развлечений, 16,81 % – для общения, 7,57 % – для других целей. Каждый девятый (89,07 %) старшеклассник пользуется интернетом ежедневно. Эти данные совпадают с результатами исследования на примере многотысячной выборки [8]. Каждый второй подросток (52,1 %) не соблюдает рекомендацию Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по использованию ЦЭУ менее 2 ч в день, что не позволяет отнести их к лицам, приверженным здоровому образу жизни. Использование сети Интернет во внеучебное время (оно на 39 % выше, чем в школьное) в настоящее время является одним из ведущих компонентов нездорового образа жизни сельских подростков. Причем масштабы распространенности этого компонента среди сельских подростков, в отличие городских, неизвестны. Ежедневное продолжительное пользование электронными средствами

(свыше 2 ч в день) сопровождается множеством проблем: 6,42 % школьников нерегулярно выполняли домашнее задание, 6,45 % откладывали «на потом» или вовсе не дотрагивались до поручений по домашнему хозяйству, у 7,56 % снизилась успеваемость, у 6,72 % начались конфликты с родителями, а у 4,2 % – конфликты в школе.

Более половины учащихся (56,3 %) не соблюдают рекомендацию ВОЗ по продолжительности сна (более 8 ч) и не могут быть отнесены к лицам, приверженным здоровому образу жизни. Хотя некоторые из них и не связывают продолжительность сна с использованием ЦЭУ, тем не менее 47,9 % респондентов основной причиной недостаточного сна назвали длительное пользование гаджетами, что согласовывается с исследованиями других авторов.

Вне зависимости от частоты возникновения жалоб (часто, редко), появляющихся после пользования ЦЭУ, большинство учащихся указали на утомляемость (54,62 %), боль в спине (52,1 %), симптомы со стороны органа зрения (51,26 %), в том числе боль в области глаз (47,9 %), покраснение глаз (44,54 %), резь и сухость в глазах (42,86 %), расплывчатость изображений (38,65 %), ощущение мелькания перед глазами (36,13 %). Меньшее число респондентов пожаловались на головную боль (36,97 %) и головокружение (8,4 %), эмоциональное возбуждение (18,49 %). Каждый четвертый подросток (26,05 %) предъявлял множественные жалобы (3 разных симптома и более), связанных с использованием цифровых устройств (таблица).

От общего числа опрошенных 47,9 % подростков присущ адаптивный вид пользования интернетом, то есть риск незначительный. 45,38 % респондентов пользуются сетью не адаптивно, и у них имеется склонность к формированию зависимости. У 6,72 % подростков выявлен патологический вид пользования интернетом и отмечается выраженная сетевая зависимость, что сопоставимо с результатами аналогичных исследований.

Жалобы на состояние здоровья в зависимости от онлайн-поведения, %

Симптом	Онлайн-поведение		χ^2	p
	адаптивное	патологическое		
Утомляемость	49,23	87,5	5,006	0,041
Боль в спине	33,87	75,0	5,059	0,025
Боль в области глаз	35,09	75,0	4,656	0,031
Покраснение глаз	32,07	62,5	2,79	0,095
Резь и сухость в глазах	39,21	87,5	6,495	0,011
Расплывчатость изображений	45,65	87,5	4,78	0,029
Ощущение мелькания перед глазами	44,19	75,0	4,164	0,041
Головная боль	43,18	87,5	5,318	0,021
Эмоциональное возбуждение	36,36	62,5	1,632	0,201
Множественные жалобы	48,39	100,0	6,29	0,012

Среди подростков, имеющих неадаптивное и патологическое онлайн-поведение меньше число лиц, отличающихся достаточной физической активностью, чем среди учащихся с адаптивным поведением: 41,93 и 70,17 % соответственно ($\chi^2 = 4,18$; $p = 0,043$).

Исходя из опубликованных данных по рассматриваемой теме, можно предположить, что школьникам с интернет-зависимостью свойственны худшие показатели состояния здоровья. Подростки с патологическим онлайн-поведением по

сравнению с учащимися, обладающим адаптивным пользованием интернетом, имеют достоверно чаще не только единичные жалобы, но и множественные жалобы на состояние здоровья. Не выявлено значимых различий только по двум жалобам – покраснению глаз и эмоциональному возбуждению (таблица).

Изучение реактивной тревожности учащихся по методике Спилберга – Ханина показало, что 14,28 % респондентов имеют низкий уровень тревожности, 70,59 % – умеренный, а 15,13 % – высокий. Положение с личностной тревожностью подростков оказалось хуже, чем с ситуативной тревожностью. Так, число школьников с низким уровнем тревожности составило лишь 9,24 % ($\chi^2 = 1,25$; $p = 0,23$), с умеренным – 60,61 % ($\chi^2 = 2,68$; $p = 0,1$), а с высоким уровнем тревожности – 30,25 % ($\chi^2 = 7,76$; $p < 0,005$).

Согласно расчету *U*-критерия Манна – Уитни во всех трех группах подростков с низким, умеренным и высоким уровнем ситуативной тревожности установлены достоверные различия между учащимися с адаптивным и патологическим онлайн-поведением: $p < 0,05$, $p = 0,009$, $p < 0,05$ соответственно. Аналогичные различия в случаях с личностной тревожностью оказались незначимы ($p > 0,05$).

Удовлетворительный адаптационный потенциал выявлен только у 37,81 % подростков. У 44,55 % опрошенных учащихся адаптационный потенциал является напряженным, а у 17,64 % – неудовлетворительным. Среди школьников с патологическим онлайн-поведением число детей с напряженной адаптацией выше, чем среди лиц с адаптивным пользованием сетью ($p < 0,05$).

Выводы. Таким образом, сельские школьники подросткового возраста, как и их городские сверстники, являются подверженными влиянию интернет-зависимости. Нерегламентированное по продолжительности пользование цифровыми электронными устройствами, особенно во внеурочное время, отрицательно влияет на образ жизни учащихся: приводит к нарушению сна, способствует увеличению числа лиц с недостаточной физической активностью. Негативное влияние на здоровье проявляется многочисленными жалобами сельских подростков на состояние здоровья, в том числе множественного характера. С целью снижения интернет-прессинга на образ жизни и здоровье сельских школьников целесообразно более продуктивно проводить информирование их об угрозах информационно-коммуникационной среды и способах предотвращения их негативных последствий в рамках гигиенического воспитания и обучения в образовательных организациях.

Список литературы

1. Каркашадзе Г.А., Намазова-Баранова Л.С., Вишнева Е.А. Цифровые устройства и когнитивные функции у детей // Вопросы современной педиатрии. – 2021. – № 20 (6). – С. 506–520.

2. Association between problematic internet use, socio-demographic variables and obesity among European adolescents / A.K. Tsitsika, E.K. Andrie, T. Psaltopoulou [et al.] // Eur J Public Health. – 2016. – Vol. 26 (4). – P. 617–622. DOI: 10.1093/eurpub/ckw028

3. Prevalence of self-reported computer vision syndrome symptoms and its associated factors among university students / L. Al Tawil, S. Aldokhayel, L. Zeitouni, T. Qadoumi, S. Hussein, S.S. Ahamed // Eur J Ophthalmol. – 2020. – Vol. 30 (1). – P. 189–195. DOI: 10.1177/1120672118815110

4. Режим использования мобильных электронных устройств как фактор риска развития отклонений со стороны органа зрения у школьников и студентов / О.Ю. Милушкина, Н.А. Скоблина, Ю.П. Пивоваров [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 4. – С. 64–71.

5. Коваленко С.В., Маковецкая А.Д., Тюстина Г.Г. Исследование интернет-зависимости подростков в условиях образовательной среды как фактора психологической безопасности личности [Электронный ресурс] // Мир науки. Педагогика и психология. – 2022. – Т. 10, № 5. – URL: https://mir-nauki.com/PDF/43PSMN522.pdf (дата обращения: 12.08.2023).

6. Функциональные соматические расстройства у подростков с различным онлайн-поведением (на примере Красноярска) / Ю.Р. Костюченко, Т.В. Потупчик, Л.С. Эверт [и др.] // Врач. – 2022. – № 12. – С. 21–26.

7. Гигиеническая оценка влияния факторов цифровой среды на организм подростков в процессе образовательной и досуговой деятельности / Е.И. Шубочкина, В.Ю. Иванов, В.В. Чепрасов, М.В. Айзятова // Здоровье населения и среда обитания. – 2021. – № 6 (339). – С. 71–77.

8. Скворцова Е.С., Лушкина Н.П. Российские сельские подростки-школьники как пользователи интернета // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2020. – Т. 28, № 2. – С. 279–284.

Оценка риска психического здоровья у подростков профессиональных школ

Е.Б. Гудым, А.А. Исмаилова

НАО «Медицинский университет Астана»,
г. Астана, Республика Казахстан

Процесс адаптации к новым, дистанционным условиям обучения подростков требует особого внимания. Подростковый период является сложным этапом становления личности человека. Особое внимание вызывает состояние здоровья подростков, обучавшихся дистанционно во время пандемии. Подростки были лишены общения со сверстниками и учителями. Большую часть дня они находились в замкнутом пространстве, что привело не только к ухудшению качества образования, но к снижению иммунитета, обострению хронических заболеваний, возникновению психологических проблем и поведенческих расстройств. Так, среди подростков чаще наблюдались такие нарушения, как: бессонница, истощение нервной системы, быстрая утомляемость, потеря аппетита, повышение раздражительности, гормональные расстройства, потеря или избыток массы тела, гиподинамия, отсутствие физической нагрузки, появление проблем со стороны психики. К тому же увеличилось количество лиц, страдающих от алкоголя, наркотиков и курения.

Ключевые слова: подростковый период, дистанционный формат обучения, булинг, подростковая депрессия, синдром дефицита внимания, уровень социализации.

Одним из важнейших показателей здоровья подростков является психическое состояние. Население планеты значительно помолодело за последние пять лет. По данным ООН около 1,2 млрд человек на Земле – это молодые люди в возрасте 10–19 лет, что составляет примерно 42 % населения планеты [1].

Процесс адаптации к новым, дистанционным условиям обучения подростков требует особого внимания. Очень важно отметить, что подростковый период – это сложный этап становления личности человека. Современные подростки очень требовательны к качеству образования. Однако дистанционный формат школьного и профессионального образования оставляет желать лучшего.

Особое внимание вызывает состояние здоровья подростков, обучавшихся дистанционно во время пандемии. Пандемия оказала негативное влияние как на физическое, так и на психическое здоровье молодых людей. Подростки были лишены общения со сверстниками и учителями и, находясь в замкнутом пространстве большую часть дня, они недополучали витамина D, им не хватало свежего воздуха, что, в свою очередь, привело к снижению иммунитета, обострению хронических заболеваний и др.

Цель исследования – оценить уровень изменения психического здоровья подростков в процессе профессионального обучения в колледже в постковидный период.

Материалы и методы. Анализ отечественных и зарубежных научных исследований, посвященных изучению здоровья подростков, находившихся на дистанционном обучении в период пандемии COVID-19. Проводилось анкетирование подростков медицинского колледжа.

Результаты. Выявлено, что дистанционное обучение подростков привело не только к снижению качества образования, но и к возникновению у них психологических проблем и поведенческих расстройств. У подростков чаще наблюдались такие нарушения, как: бессонница, истощение нервной системы, быстрая утомляемость, потеря аппетита, повышение раздражительности, гормональные расстройства, потеря или избыток массы тела и др. [3, 4]. Ряд российских ученых к последствиям дистанционного формата обучения относят нежелание учиться в команде, а также отмечают замедление процесса познания предмета, снижение качества запоминания информации и уровня знаний, ухудшение восприятия учебного материла и др. [5, 6].

Согласно предварительным выводам международного опроса детей и взрослых, проведенного ЮНИСЕФ и институтом Гэллапа, установлено, что более 13 % подростков имеют психические отклонения, среди которых: депрессия, аутизм, синдром дефицита внимания (как со стороны детей, так и со стороны взрослых) и т.д. [7]. Анализ показывает, что на данном этапе возросло количество факторов риска, ухудшающих психическое и физическое здоровье подростков. С одной стороны, дистанционный формат обучения приводит к ухудшению социализации подростков, а с другой – дети в учебных заведениях сталкиваются с булингом, психологическим давлением, травлей, что нередко приводит к суициду.

В докладе «Положение детей в мире, 2021 год» содержится обращение к правительству, органам здравоохранения и образования, в котором говорится о необходимости действовать в интересах укрепления психического здоровья всех детей и подростков. В связи с этим необходимо обратить внимание на подготовку специалистов-психологов, раннее выявление у детей проблем с психикой, своевременное проведение диагностики и лечения [8].

По данным Национального доклада «Молодежь Казахстана – 30 лет независимости», установлено, что за время пандемии среди подростков 15–18 лет снизилась заболеваемость психическими расстройствами. Значительно, уменьшилось число лиц, употребляющих алкоголь и наркотики (с 5,5 раза в 2015 г. до в 3,7 раза в 2020 г.) [9]. Однако эксперты отмечают, что отрицательные последствия дистанционной формы обучения в период пандемии COVID-19 проявлялись у подростков снижением физической активности [10]. Гиподинамия в подростковом возрасте приводит к ослаблению опорно-двигательного аппарата, нарушению работы эндокринной и сердечно-сосудистой систем, снижению иммунитета и, как следствие, к увеличению длительности течения острых заболеваний, провоцируя их переход в хроническую форму.

Выводы. Рост заболеваемости среди подростков на 50–60 % связан с образом жизни. Дистанционный формат обучения, предполагающий сидение за компьютером более 6 ч в день, использование сотовых телефонов более 8 ч в день, гиподинамию и отсутствие физической нагрузки пагубно влияют на их здоровье. Так, среди подростков, прошедших дистанционное обучение в период пандемии COVID-19, отмечается рост сердечно-сосудистых заболеваний, снижение иммунитета, проявление проблем со стороны психики. К тому же увеличилось количество лиц, страдающих от алкоголя, наркотиков и курения.

Список литературы

1. Народонаселение мира в 2011 году [Электронный ресурс]. – URL: https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/population2011.pdf (дата обращения: 12.06.2023).

2. Мыскин С.В., Макеева Г.А. Адаптационные аспекты социальной ситуации развития подростков в условиях обучения в организации среднего профессионального образования // Психолого-педагогические исследования. – 2021. – Т. 13, № 2. – С. 89–104. DOI: 10.17759/psyedu.2021130206

3. Тимофеева Я.А, Афанасьева Л.И. Дистанционное обучение и подростковый возраст [Электронный ресурс] // Проблемы современного педагогического образования. – 2021. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/distantsionnoe-obuchenie-i-podrostkovyy-vozrast (дата обращения: 12.06.2023).

4. Елисеева Ю.В. Медико-социальные аспекты сохранения здоровья подростков // Здоровье и общество. – 2019. – № 27 (2). – С. 113–117. DOI: 10.32687/0869-866X-2019-27-2-113-117

5. Бережковская Е.Л., Ховрина Г.Б. Проблема психологического возраста современных старшеклассников // Цели и задачи образования, способствующие психическому и личностному развитию. – М.: Белый ветер, 2020. – С. 18–31.

6. Мыскин С.В., Макеева Г.А. Адаптационные аспекты социальной ситуации развития подростков в условиях обучения в организации среднего профессионального образования // Психолого-педагогические исследования. – 2021. – Т. 13, № 2. – С. 89–104. DOI: 10.17759/psyedu.2021130206

7. The State of the World's Children 2021 [Электронный ресурс] // UNICEF. – URL: https://www.unicef.org/reports/state-worlds-children-2021 (дата обращения: 12.06.2023).

8. United Nations Inter-Agency Group for Child Mortality Estimation (UN IGME). Levels and Trends in Child Mortality: Report 2021 [Электронный ресурс]. –

URL: https://childmortality.org/wp-content/uploads/2021/12/UNICEF-2021-Child-Mortality-Report.pdf (дата обращения: 12.06.2023).

9. Статистика системы образования Республики Казахстан: Национальный сборник. – Нур-Султан: АО Информационно-аналитический центр, 2021. – 327 с.

10. Жусупова А. Они учились при COVID-19 [Электронный ресурс] // Ekonomist: Интернет журнал. – URL: https://ekonomist.kz/zhussupova/obrozovanie-distancionka-shkola-koronavirus-karantin/ (дата обращения: 12.06.2023).

Эмпирические индикаторы ментального здоровья в социологических и медико-социальных исследованиях

А.В. Леухина

ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Пермь, Россия

Рассмотрены подходы к интерпретации ментального здоровья. Описаны методики изучения состояния психического здоровья граждан. Выделены индикаторы и показатели ментального здоровья, а также способы их измерений.

Ключевые слова: ментальное здоровье, психическое здоровье, психические расстройства, психологическое здоровье, социологическое исследование.

В последние годы растет признание важной роли ментального здоровья в обеспечении благополучия человека и общества, о чем свидетельствует включение вопросов, связанных с сохранением и укреплением ментального (психического) здоровья, в Цели в области устойчивого развития[1]. Психическое здоровье является важным аспектом общего благополучия, которое охватывает физические, эмоциональные и социальные аспекты. Позитивное психическое здоровье позволяет людям управлять своими эмоциями, развивать и поддерживать значимые отношения и вносить вклад в жизнедеятельность и прогресс общества; оно играет жизненно важную роль в повышение качества жизни человека и достижение состояния общего благополучия [1].

Психические расстройства и аддиктивные состояния затрагивают значительную часть населения планеты. Относительная доля этих расстройств увеличилась за последние десятилетия, отчасти из-за стигматизации и отсутствия лечения [2]. В 2013 г. государства-члены ВОЗ приняли Комплексный план действий в области психического здоровья на 2013–2030 гг., это закрепило за ними обязательства по решению глобальных задач улучшения психического здоровья[2]. В условиях обост-

[1] WHO. Mental health [Электронный ресурс]. – URL: https://www.who.int/health-topics/mental-health#tab=tab_1 (дата обращения: 06.08.2023).

[2] WHO.World mental health report: Transforming mental health for all [Электронный ресурс]. – URL: https://www.who.int/publications/i/item/9789240049338 (дата обращения: 06.08.2023).

рения геополитической ситуации люди объединены общей проблемой – озабоченностью будущим и неопределенностью [3]. Охрана психического здоровья стала чаще восприниматься как важный элемент здорового образа жизни [4]. «Тройное воздействие пандемии, изменения климата и непрекращающихся войн и конфликтов тяжело сказываются на нашем населении, прямо или косвенно», – заявила Д. Кестель, директор Департамента по вопросам психического здоровья и употребления ВОЗ[3].

Категория ментального (психического) здоровья на данный момент активно используется в социологических и медико-социальных исследованиях, однако интерпретируется неодинаково.

Ментальное здоровье в Комплексном плане действий ВОЗ в области психического здоровья на 2013–2030 гг. понимается как «состояние благополучия, при котором индивидуум материализует собственные способности, может справляться с нормальными жизненными стрессами, может работать продуктивно и плодотворно и в состоянии приносить пользу своему окружению». Психические расстройства в этом документе предполагают совокупность психических и поведенческих расстройств, включенных в определение Международной статистической классификации и проблем, связанных со здоровьем (МКБ-10): депрессия, БАР, шизофрения, тревожные расстройства, интеллектуальная недееспособность и др.[4]

Е.О. Смолева к показателям психического здоровья относит чувство одиночества, тревогу / озабоченность, депрессию, способность собраться, мобилизовать себя, получение удовольствия от жизни [5]. Т.В. Милаева считает, что психическое нездоровье проявляется в дезориентации личности, уходе от ответственности, аддикциях, пассивности, повышенной тревожности, утрате веры в себя, враждебности по отношению к окружающим [6].

При изучении общественного психического здоровья авторы научных исследований часто опираются на статистические данные. Это могут быть данные о заболеваемости и смертности по классу «Психические расстройства и расстройства поведения» [7], по классу «Внешние причины заболеваемости и смертности», подклассу «Преднамеренное самоповреждение» [8], а также данные о косвенных показателях психического здоровья и благополучия – потреблении алкоголя и курении [9].

Однако значительная доля публикаций, посвященных оценке состояния психического здоровья населения, базируется на данных эмпирических исследований. Их можно разделить на две группы: 1) медико-социальные и психологические исследования; 2) социологические исследования.

В рамках первой группы исследований основными методами являются: опрос по стандартизированным методикам – SF-36 [10], тест Спилбергера и скрининг для определения уровня депрессии PHQ-9 [11], методика MMPI [12], краткий скри-

[3] Положение в области психического здоровья во всем мире после пандемии COVID-19 и прогресс в осуществлении Специальной инициативы ВОЗ по охране психического здоровья (2019–2023 годы) [Электронный ресурс] // Хроника ВОЗ, 10.10.2022 г. – URL: https://www.un.org/ru/191793 (дата обращения: 07.08.2023).

[4] Комплексный план действий ВОЗ в области психического здоровья на 2013–2030 гг. [Электронный ресурс] // Официальный сайт ВОЗ. – URL: https://www.who.int/publications/i/item/9789240031029 (дата обращения: 08.08.2023).

нинг ПТСР первичной медицинской помощи из 4 пунктов (PC-PTSD) и Скрининговый опросник для выявления расстройств аффективного спектра [13].

В эмпирических социологических исследованиях, посвященных проблематике ментального здоровья, чаще используются показатели социально-психологического благополучия. Так, Всероссийский центр изучения общественного мнения (ВЦИОМ) в качестве характеристик ментального здоровья изучает проявления стресса[5], состояния эмоционального напряжения[6] и беспомощности[7], а также их причины.

В исследованиях Фонда «Общественное мнение» (ФОМ) наблюдается особое внимание к состояниям тревожности[8] и беспокойства[9].

Кроме того, социологические исследования часто направлены на выявление контекстов формирования и сохранения ментального здоровья. Анализируется зависимость эмоционального состояния как от индивидуальных характеристик личности (пола, возраста и материального положения (НАФИ, 2021)[10]), так и от внешних факторов (экономической и политической ситуации в стране и информационного фона (ВЦИОМ)[11]). Актуальной темой исследований являются практики борьбы со стрессом (копинг-стратегии)[12], а также отношение граждан к психическим заболеваниям (Левада-центр[13])[14] и квалифицированной психологической помощи (ФОМ, 2022)[15]. Более подробно перечисленные показатели представлены в таблице (таблица).

[5] Стресс – и как с ним бороться? [Электронный ресурс] // Официальный сайт ВЦИОМ. Аналитический обзор от 25.07.2022. – URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/stress-i-kak-s-nim-borotsja (дата обращения: 03.06.2023).

[6] Жизнь в стрессе: масштаб проблемы и пути решения. Официальный сайт ВЦИОМ. Аналитический обзор от 09.10.2019 [Электронный ресурс]. – URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/zhizn-v-stresse-masshtab-problemy-i-puti-resheniya (дата обращения: 26.05.2023).

[7] ВЦИОМ. Фрагменты базы результатов опросов «Спутник». Вопрос «Как часто за последний месяц Вы чувствовали собственную беспомощность повлиять на происходящее вокруг» (закрытый вопрос, один ответ, % опрошенных) [Электронный ресурс]. – URL: https://bd.wciom.ru/trzh/print_q.php?s_id=535&q_id=54213&date=12.04.2020 (дата обращения: 20.06.2023).

[8] Тревоги и опасения: повседневная жизнь, страна, мир [Электронный ресурс] // Официальный сайт ФОМ. Данные исследования от 16.04.2019. – URL: https://fom.ru/Nastroeniya/14194 (дата обращения: 20.05.2023).

[9] Удовлетворенность жизнью и настроения [Электронный ресурс] // Официальный сайт ФОМ. Данные исследования от 23.07.2020. – URL: https://fom.ru/Nastroeniya/14422 (дата обращения: 26.05.2023).

[10] Половина россиян ведут нездоровый образ жизни [Электронный ресурс] // Официальный сайт НАФИ. Релиз от 25.03.2021. – URL: https://nafi.ru/analytics/polovina-rossiyan-vedut-nezdorovyy-obraz-zhizni/ (дата обращения: 25.05.2023).

[11] ВЦИОМ. Фрагменты базы результатов опросов «Спутник». Вопрос «Как Вы считаете, насколько нужно таким людям, как Вы, чтобы ощущать оптимизм, уверенность в завтрашнем дне: …» (закрытый вопрос, один ответ, представлена сумма ответов «безусловно нужно» и «скорее нужно», % опрошенных).

[12] Жизнь в стрессе: масштаб проблемы и пути решения. Официальный сайт ВЦИОМ. Аналитический обзор от 09.10.2019 [Электронный ресурс]. – URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/zhizn-v-stresse-masshtab-problemy-i-puti-resheniya (дата обращения: 26.05.2023).

[13] Включен в «Реестр некоммерческих организаций, выполняющих функцию иностранного агента» Министром юстиции РФ 05.09.2016.

[14] Социальная дистанция [Электронный ресурс] // Официальный сайт Левада-центра. Пресс-выпуск от 20.04.2020. – URL: https://www.levada.ru/2020/04/20/sotsialnaya-distantsiya-2/ (дата обращения:15.08.2023).

Эмпирическое изучение ментального здоровья в исследованиях

Компонент	Индикатор		Измерение
Эмоциональное состояние	1.1. Субъективная оценка состояния	1.1.1. Самооценка эмоционального состояния	*1.1.1.1. Опишите свое эмоциональное состояние* 1. Очень тревожное 2. Немного переживаю 3. Нейтральное 4. В целом, неплохое 5. Отличное
	1.2. Настроение	1.2.1. Положительные и отрицательные эмоции	*1.2.1.1. Я испытываю прекрасное настроение / удовлетворенность жизнью / счастье* Да Нет *1.2.1.2. Вы чувствовали себя упавшим духом и печальным?* Все время Большую часть времени Часто Иногда Редко Ни разу
		1.2.2. Эмоциональная стабильность	*1.2.2.1. Насколько легко Вам удается контролировать свои эмоции и мысли?* Определенно легко Скорее легко Скорее нелегко Определенно нелегко
		1.2.3. Состояние стресса	*1.2.3.1. Как часто вы за последний год испытывали ситуации стресса?* Практически ежедневно Несколько раз в неделю Несколько раз в месяц Не сталкивался со стрессом
Жизненная активность	2.1. Оценка жизненных сил	2.1.1. Бодрость	*2.1.1.1. Вы чувствовали себя бодрым?* *Шкала из 1.2.3.1*
		2.1.2. Истощенность	*2.1.2.1. Вы чувствовали себя истощенным?* *Шкала из 1.2.3.1*
Социальное и ролевое функционирование	3.1. Поддержание социальных контактов	3.1.1. Взаимодействие с окружающими	*3.1.1.1. Как часто за последние 4 недели Ваше физическое или эмоциональное состояние мешало Вам активно общаться с людьми?* *Шкала из 1.2.1.2*
	3.2. Результативность трудовой деятельности	3.2.1. Снижение объема / качества / скорости работы	*3.2.1.1. Бывало ли за последние 4 недели, что вследствие проблем с эмоциональным состоянием, Вы выполнили меньше, чем хотели* *Шкала из 1.2.1.1*

[15] Востребованность помощи психолога. Репутация института психологов и психотерапевтов [Электронный ресурс] // Официальный сайт ФОМ. Материалы от 23.09.2022. – URL: https://fom.ru/Obraz-zhizni/14769 (дата обращения: 01.06.2023).

Окончание таблицы

Компонент	Индикатор		Измерение
Психические расстройства	4.1. ПТСР и депрессия	4.1.2. Постоянная тревожность	*4.1.2.1. Вас легко потревожить? Шкала из 1.2.1.1*
	4.2. Аддикции	4.2.1. Приверженность вредным привычкам	*4.2.1.1. Я стал чаще употреблять алкоголь Шкала из 1.2.1.1*
Психическое благополучие	5.1. Позитивное мышление	5.1.1. Адекватная самооценка	*5.1.1.1. Я уверен в себе* 1. Никогда 2. Редко 3. Иногда 4. Часто 5. Всегда
Психологическая помощь	6.1. Отношение к психологической помощи	6.1.1. Наличие и оценка опыта обращения к специалисту	*6.1.1.1. Обращались ли Вы к специалистам (психологам и т.д.), чтобы справиться с психологическими проблемами? Шкала из 1.2.1.1*
		6.1.2. Гипотетическая готовность к обращению к специалисту	*6.1.2.1. Допускаете ли вы возможность того, что в сложной психологической ситуации вы обратитесь к психологу/психотерапевту?* 1. Однозначно да 2. Скорее да 3. Скорее нет 4. Однозначно нет

Одним из индикаторов ментального здоровья является субъективная самооценка испытываемых эмоций, выявляемая с помощью вопроса «Опишите свое эмоциональное состояние» [14]. В данном случае возможно разделение на положительные эмоции: «Я испытываю прекрасное настроение / удовлетворенность жизнью / счастье», и отрицательные: «Я испытываю напряжение, раздражение, страх, тоску» [15]. «Пожалуй, я человек нервный» [16]. Эмоциональная стабильность определяется вопросом «Насколько легко Вам удается контролировать свои эмоции?» (Russian Field, 2022)[16]; эмоциональная нестабильность может быть определена фактом наличия стрессовых ситуаций: «Испытываете ли Вы тревогу, стресс в связи с текущими событиями в экономической и политической сфере?» (НАФИ, 2022)[17] и их частотой: «Как часто Вы за последний год испытывали ситуации стресса?» [17].

Для обозначения связи эмоционального состояния и психического здоровья используется понятие психоэмоционального состояния, под которым понимается «относительно устойчивое переживание человека по отношению к самому себе, к другим людям, к окружающему миру, влияющее на его деятельность, поведение и поступки» [18]. Негативное влияние эмоциогенных факторов может быть причиной нервно-психического напряжения [19].

[16] Грустное поколение: ментальное самочувствие российской молодежи [Электронный ресурс] // Официальный сайт Russian Field. – URL: https://russianfield.com/depressia (дата обращения: 04.07.2023 г.).

[17] Половина россиян ведут нездоровый образ жизни [Электронный ресурс] // Официальный сайт НАФИ. Релиз от 25.03.2021. – URL: https://nafi.ru/analytics/polovina-rossiyan-vedut-nezdorovyy-obraz-zhizni/ (дата обращения: 25.05.2023).

В некоторых исследованиях индикатором ментального здоровья является не вполне устоявшийся термин «жизненная активность», которая может быть разделена на сознательные и творческие (бессознательные) действия [20], и включает в себя следующие показатели: бодрость, энергичность, физическая и психическая истощенность и усталость [16].

Наряду с «жизненной активностью» при обсуждении психического здоровья исследователи обращаются к категориям «социальная активность» или «социальное функционирование».

Социальное функционирование предполагает способность поддержания социальных контактов: времяпровождение и общение с друзьями и родственниками. Помимо активного взаимодействия с окружающими, психически здоровый человек способен качественно выполнять свои трудовые обязанности, поэтому ролевое функционирование так же является индикатором психического здоровья. В качестве показателей в данном случае рассматривается снижение скорости, объема и качества работы («Бывало ли за последние 4 недели, что вследствие проблем с эмоциональным состоянием, Вы выполнили меньше, чем хотели / не так аккуратно, как обычно») [10].

Нельзя не отметить отсутствие психических расстройств как составляющую ментального здоровья. Однако в данном случае важно понимать, что это не является его единственным индикатором. Ментальное здоровье предполагает отсутствие психических расстройств, но не ограничивается этим.

Человек, не имеющий психических расстройств, может быть подвержен повседневному стрессу и другим негативным факторам. В современных социологических и медико-социальных исследованиях чаще всего изучаются проявления депрессии [11] и ПТСР [13], а также аддиктивное поведение [6].

К симптомам ПТСР относятся страшные сны, кошмары («Вам снятся кошмары или Вы непроизвольно вспоминаете о стрессовом событии?), избегание неприятных воспоминаний (Вы прикладываете усилия, чтобы не думать об этом, или избегаете ситуаций, которые могут напомнить это событие?), постоянная тревожность и отчуждение от окружающих людей и событий [13].

Показателями депрессии в социологических исследованиях являются изменение пищевого поведения («В течение последних 2 недель у Вас был плохой аппетит, или Вы переедали?»), трудности с концентрацией («В течение последних 2 недель Вам было трудно сосредоточиться на чем-либо?»), снижение самооценки («В течение последних 2 недель Вы плохо о себе думали: считали себя неудачником или были разочарованы?») и др. [11].

Исследователи Russian Field обратили внимание на изучение практики приема антидепрессантов («Доводилось ли Вам принимать препараты-антидепрессанты по назначению / без назначения специалиста?»)[18].

Одним из важных элементов позитивного психического здоровья является психологическое благополучие, которое может быть определено как «эмоциональное восприятие элементов повседневного поведения» [21]. Его можно рассматривать с точки зрения двух подходов: как состояние психологического комфорта, получение положительных эмоций и как стремление личности к саморазвитию и самореализации [22]. Показателями в данном случае являются: позитивное мыш-

[18] Грустное поколение: ментальное самочувствие российской молодежи [Электронный ресурс] // Официальный сайт Russian Field. – URL: https://russianfield.com/depressia (дата обращения: 04.07.2023 г.).

ление, включающее в себя удовлетворенность жизнью, адекватную самооценку, интерес к жизни и потребность в социальных взаимодействиях [23]. Иногда в исследованиях используется теоретическая модель психологического благополучия К. Рифф, которая охватывает шесть различных аспектов: автономию, управление окружающей средой, самопринятие, позитивные отношения с окружающими, цель в жизни и личностный рост [24].

Интегральной характеристикой психологического благополучия и эмоционального состояния является конструкт «Психоэмоциональное состояние», который включает в себя три блока: личностный (автономность, компетентность, жизненные цели), когнитивно-оценочный (удовлетворенность жизнью и ее восприятие) и эмоционально-аффективный (эмоциональное состояние, переживание счастья) [25].

Положительное влияние на психическое здоровье может оказать помощь квалифицированного специалиста (психолога, психотерапевта, психиатра). Однако в современном обществе наблюдаются проявления стигматизации данной помощи [26]. Опрошенные часто считают, что обращение к психологу – это проявление слабости характера, боятся реакции окружающих (НИУ ВШЭ, 2023)[19].

В качестве индикаторов ментального здоровья в исследованиях изучается наличие и оценка опыта обращения к специалисту с психологическими проблемами или гипотетическая готовность к обращению (Russian Field, 2022)[20], а также степень доверия ему (Superjob, 2023)[21].

Таким образом, можно сделать вывод, что категория ментального здоровья в социологических и медико-социальных исследованиях предполагает множество индикаторов, характеризующих не только отсутствие психических расстройств и расстройств поведения, но и способность к труду, социальной активности и самореализации. По результатам проведенного анализа методических подходов к исследованию ментального здоровья были выделены следующие индикаторы: эмоциональное состояние, жизненная активность, социальное функционирование, ролевое функционирование, психические расстройства, психическое благополучие и психологическая помощь.

Финансирование. Статья подготовлена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 23-18-00480 (https://rscf.ru/project/23-18-00480/).

Список литературы

1. Zhao J., Chapman E., O'Donoghue T. Threats to the emotional wellbeing of mainland Chinese students studying in Australia: an interpretivist study // Int J Qual Stud Health Well-being. – 2023. – Vol. 18 (1). – P. 2221912. DOI: 10.1080/17482631.2023.2221912

[19] Ментальное здоровье населения России в период пандемии COVID-19 и социально-экономических изменений 2022 г.: уязвимые группы и способы поддержки. НИУ ВШЭ. Публикация от 10.02.2023 [Электронный ресурс]. – URL: https://isp.hse.ru/data/2023/02/10/2045341394/01_Selezneva _Mental_health_24_Workshop_ISP_09-02-2023.pdf (дата обращения: 20.06.2023).

[20] Грустное поколение: ментальное самочувствие российской молодежи [Электронный ресурс] // Официальный сайт Russian Field. – URL: https://russianfield.com/depressia (дата обращения: 04.07.2023 г.).

[21] Доверить решение психологических проблем специалистам без сомнения готовы только 9 % россиян [Электронный ресурс] // Официальный сайт Superjob. Публикация от 30.06.2023 г. – URL: https://www.superjob.ru/research/articles/114124/doverit-reshenie-psihologicheskih-problem-specialistam-bez-somnenij-gotovy-tolko-9/ (дата обращения: 06.07.2023 г.).

2. Rehm J., Shield K.D. Global Burden of Disease and the Impact of Mental and Addictive Disorders // Curr Psychiatry Rep. – 2019. – Vol. 21 (2). – P. 10. DOI: 10.1007/s11920-019-0997-0

3. Здоровье населения и отношение к нему в условиях нестабильности / Т.Н. Каменева, П.В. Разов, К.Д. Кунилова [и др.] // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2023. – Т. 31, № 2. – С. 227–232.

4. Карпушко Н.А., Беспалова А.Н. ЗОЖ, культура здоровья, физическое и ментальное здоровье в ракурсах видения современных студентов // Научные труды Северо-Западного института управления РАНХиГС. – 2022. – Т. 13, № 4 (56). – С. 119–124.

5. Смолева Е.О. Критерии и ресурсы социальной адаптации населения России // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2019. – № 2. – С. 179–195.

6. Милаева Т.В. Психическое здоровье и пути его сбережения во время пандемии COVID-19 // Society and Security Insights. – 2022. – № 2. – С. 106–119.

7. Скрипов В.С., Есина К.М. Комплексная оценка заболеваемости психическими расстройствами и расстройствами поведения в динамике за период 2015–2019 гг. в Российской Федерации // Социальные аспекты здоровья населения (сетевое издание). – 2021. – Т. 67 (4). – С. 8.

8. Войцех В.Ф. Динамика и структура самоубийств в России // Социальная и клиническая психиатрия. – 2006. – № 3. – С. 22–27.

9. Морогин В.Г., Костина Н.П. Социально-психологическая история алкоголизации России // Медицинская психология в России. – 2013. – Т. 5, № 5. – С. 1–31.

10. Шаламова Е.Ю., Сафонова В.Р. Взаимосвязь шкал опросника SF-36 и показателей совладающего со стрессом поведения студентов северного медицинского вуза // Экология человека. – 2015. – № 6. – С. 50–56.

11. Взаимосвязь профиля обучения и состояния психического здоровья студентов университетов / Р.Р. Гарипов, Э.И. Мухаметшина, А.И. Валеева [и др.] // Практическая медицина. – 2019. – Т. 17, № 3. – С. 114–117.

12. Депрессия, тревога и нарушения сна у населения 45–69 лет в России (Сибирь): эпидемиологическое исследование / В.В. Гафаров, И.В. Гагулин, Е.А. Громова [и др.] // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2017. – Т. 9, № 4. – С. 31–37.

13. Голенков А.В. Посттравматические стрессовые расстройства у жителей Чувашии // Acta Medica Eurasica. – 2017. – № 2. – С. 1–6.

14. Кулакова Е.А. Эмоциональное состояние сотрудников на рабочем месте // Телескоп: журнал социологических и маркетинговых исследований. – 2022. – № 2. – С. 139–143.

15. Смолева Е.О. Общественное мнение о психическом здоровье (на примере Вологодской области) // Society and Security Insights. – 2022. – Т. 5, № 3. – С. 156–171.

16. Психосоциальные факторы и профессиональный стресс у мужчин трудоспособного возраста / И.В. Осипова, О.Н. Антропова, Н.В. Пырикова [и др.] // Сибирский медицинский журнал (г. Томск). – 2011. – Т. 26, № 4-1. – С. 162–166.

17. Смолева Е.О. Психическое самочувствие в субъективных оценках населения региона // Вопросы территориального развития. – 2018. – № 5 (45). – С. 1–14.

18. Маслова Т.М., Покацкая А.В. Соотношение психоэмоционального состояния и уровня стрессоустойчивости личности // АНИ: педагогика и психология. – 2020. – № 2 (31). – С. 351–353.

19. Нгуен Д.К., Южаков М.М. Обзор методов оценки психоэмоционального состояния человека // Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VI Научно-практической конференции с международным участием, Томск, 27–10 мая 2015 г. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2015. – С. 109–112.

20. Когнитивно-поведенческая концепция и возможности ее реализации в жизненной активности студентов / Л.М. Попов, П.Н. Устин // Психологический журнал. – 2021. – Т. 42, № 1. – С. 26–35.

21. Асадуллин М.Р. Теоретический анализ понятия «психологическое благополучие» человека // Психология. Историко-критические обзоры и современные исследования. – 2022. – Т. 11, № 6А. – С. 228–240.

22. Скорынин А.А. К вопросу о структуре психологического благополучия личности // Гуманитарные исследования. Педагогика и психология. – 2020. – № 2. – С. 87–93.

23. Исследования субъективного (психологического) благополучия детей и подростков в россии и за рубежом / А.В. Черная, К.О. Пуголовкина // Личность в культуре и образовании: психологическое сопровождение, развитие, социализация: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2017. – № 5. – С. 505–511.

24. Орлова Д.Г. Психологическое и субъективное благополучие: определение, структура, исследования (обзор современных источников) // Вестник ПГГПУ. Серия № 1. Психологические и педагогические науки. – 2015. – № 1. – С. 28–36.

25. Психоэмоциональное благополучие: интегративный подход: монография / В.Р. Манукян, Е.Г. Трошихина, М.В. Данилова [и др.]. – СПб.: ООО «Нестор-История», 2020. – С. 7–8.

26. Носачев Г.Н., Дубицкая Е.А. Представления общества о суициде и больных депрессией // Суицидология. – 2011. – № 3 (4). – С. 43–44.

Определение умственного и физического утомления среди учеников первого класса, дополнительно занимающихся спортом

Н.А. Меркулова

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского» Минздрава России,
г. Саратов, Россия

Рассматривалась проблема умственного и физического утомления учеников первого класса. Проведены и представлены результаты исследования проявления утомления у первоклассников, дополнительно занимающихся в секции по хоккею. В работе оценивались результаты проведенных тестирований (корректурные пробы), подробно рассматривались результаты проб, проведенных после школы, до тренировочного процесса и после него.

Ключевые слова: утомление, первоклассники, учебная нагрузка, физическая нагрузка.

Утомление – это временное снижение работоспособности под влиянием длительного воздействия нагрузки. Возникает оно от истощения внутренних ресурсов и рассогласования в работе обеспечивающих деятельность систем [1].

В зависимости от выполняемой работы различают умственное утомление, которое характеризуется снижением внимательности, сосредоточения и замедлением работы ЦНС, и физическое, связанное с нарушением мышечной силы. В обоих случаях страдает функциональное состояние организма. Следовательно, как физическая, так и умственная напряженная работа всегда связана с развитием утомления. Как функциональное состояние утомление всегда приводит к временному снижению работоспособности и выражается субъективным ощущением усталости [2].

Умственное утомление рассматривается как снижение показателей умственной активности, снижения внимания, интереса к работе, возникающие при интенсивной интеллектуальной деятельности [3].

Установка утомляемости и оценка физической нагрузки являются одними из самых важных проблем, особенно среди первоклассников. Самый подверженный утомлению возраст – это младший школьный возраст. Это объясняется тем, что к новоиспеченному первокласснику выдвигается ряд требований, которые значительно повышены по сравнению с дошкольным возрастом: увеличиваются объем информации, умственные нагрузки, возрастает ответственность за свои слова и поступки [4]. Соответственно процесс обучения в школе для детей первых классов характеризуется напряженностью учебной деятельности, на основании которой может возникнуть переутомление, отрицательно сказывающееся на развитии ребенка и влекущее за собой рост заболеваемости детей данного возраста [5].

Материалы и методы. Психолого-педагогическая работа, осуществленная нами, основывалась на положении, согласно которому у многих школьников, особенно начальной школы, часто возникает состояние утомления и переутомления, которые в психофизиологии рассматриваются как дезадаптационные состояния. Отталкиваясь от этих утверждений, нами были намечены основные направления исследования, которые позволили определить, как часто и при каких условиях возникает данное состояние у обучающихся.

В ходе исследования принимали участие 30 детей первого года обучения, возраст детей – 7, 8 лет. При этом данные дети занимаются в школе олимпийского резерва по хоккею.

Для определения утомляемости были использованы корректурные таблицы Б. Бурдона и методика Пьерона – Рузера. Для более детального изучения мы оценивали утомляемость после окончания занятий в школе, перед началом тренировочного процесса и после его завершения.

Результаты исследований. В день исследования у школьников было 4–5 уроков. После занятий был проведен первый тест – методика Пьерона – Рузера (рис. 1). Методика дает представление о скорости и качестве формирования простого навыка усвоения нового способа действий, позволяет получить информацию об объеме и устойчивости произвольного внимания, о развитии моторики руки.

Школьникам был предложен тест с изображенными на нем разными геометрическими фигурами: квадрат, круг, треугольник и ромб. Дали задание в квадрате поставить точку, в треугольнике – вертикальную черточку, в ромбе – горизонтальную черточку, а круг оставить чистым. По команде «НАЧАЛИ» дети приступили к работе, завершили после команды «СТОП».

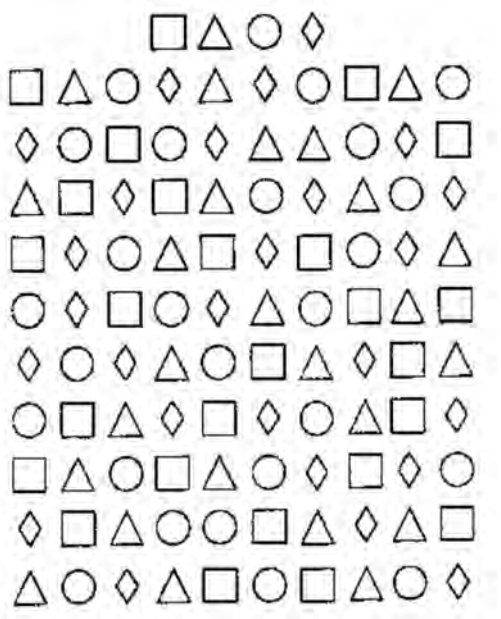


Рис. 1. Методика Пьерона – Рузера

После того, как ребенок приступил к выполнению задания, мы засекли 1 мин и фиксировали количество знаков.

Результаты данного тестирования оценили по количеству обработанных испытуемым за 1 мин геометрических фигур, считая и количество допущенных ошибок. Уровень концентрации внимания определили по табл. 1.

Таблица 1

Оценка уровня концентрации внимания при проведении методики Пьерона – Рузера

Ранг	Уровень концентрации внимания	Число обработанных фигур
1	очень высокий	100
2	высокий	91–99
3	средний	80–90
4	низкий	65–79
5	очень низкий	64 и менее

За допущенные при выполнении задания ошибки ранг снижается: за 1–2 ошибки ранг снижается на единицу, за 3–4 – на две; если ошибок больше 4, то ранг снижался на три единицы.

После анализа данных первой корректурной пробы были получены следующие результаты: из 30 учащихся 7 % показали очень высокий уровень, 13 % – высокий, 40 % – средний, 30 % – низкий и 10 % – очень низкий уровень концентрации внимания после школы (рис. 2).

Рис. 2. Показатели уровня концентрации внимания после школы

После школы дети три часа провели дома, затем направились на тренировку по хоккею. Перед тренировкой была проведена корректурная проба – тест Бурдона (рис. 3). С помощью данной методики оценили концентрацию и устойчивость внимания.

Хоккеистам раздали бланки с напечатанными арабскими цифрами. Необходимо было найти цифру «6» и зачеркнуть ее. По команде «НАЧАЛИ» дети приступили к работе, после команды «СТОП» – завершили. На выполнение задания давалась 1 мин.

Тренировка длилась час, после чего был проведен третий тест – буквенная вариация теста Бурдона (рис. 4). Данная методика применяется для исследования произвольного внимания и его переключения, определения степени утомляемости.

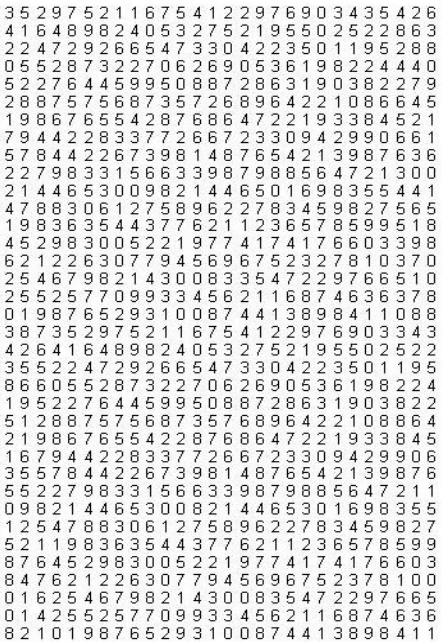


Рис. 3. Тест Бурдона

Рис. 4. Буквенная вариация теста Бурдона

Для выполнения данной пробы раздали бланки с буквами русского алфавита. Указания, которые были даны для проведения данной пробы: «Последовательно рассмотрите каждую строчку, найдите буквы “к” и “р” и вычеркивайте их». По команде «НАЧАЛИ» дети приступили к работе, после команды «СТОП» – завершили.

Интерпретация результатов: для детей 7–8 лет концентрация внимания – 10 ошибок и меньше, объем внимания должен равняться:

1) < 150 – низкая;
2) 150–250 – средняя;
3) 250–330 – выше среднего;
4) > 330 – высокая.

Обработка результатов метода Бурдона проводилась следующим образом: концентрация внимания рассчитывалась по формуле:

$$К = С + С/П,$$

где К – обозначает концентрацию; С – количество просмотренных строк за 60 с; П – количество ошибок, пропусков и неверно зачеркнутых фигурок.

Нет определенного числа для результата, но чем выше получилось значение, тем лучше. Это показатель того, что уровень концентрации весьма хороший и нет повода для беспокойства. Если же значение вышло меньше, чем число просмотренных рядов за 60 с, то этому ребенку нужна помощь психолога, так как уровень концентрации совсем низкий.

Устойчивость внимания считается отдельно для каждого интервала времени, также по формуле:

$$А = S/t,$$

где А – скорость и темп выполнения работы; S – число просмотренных фигур за минуту; t – время выполнения самого задания.

Обработка итогов: если значение от 0 до 2, то устойчивость внимания очень хорошая; от 3 до 4 – умеренная; от 5 до 6 – средний результат; от 7 до 8 – устойчивость внимания плохая, достижение ниже среднего; а значение 9–10, говорит о критически низкой устойчивости внимания и требует работы с психологом.

Результаты изучения концентрации внимания, полученные при проведении теста до тренировок: 46 % детей показали высокую концентрацию внимания; 23 % – среднюю и 31 % – низкий уровень концентрации внимания (рис. 5).

Рис. 5. Показатели уровня концентрации внимания до тренировки

Данные по устойчивости внимания, полученные до тренировок: у 23 % первоклассников устойчивость на высоком уровне, у 23 % – умеренная степень устойчивости, у 33 % – средняя устойчивость и у 21 % детей низкая степень устойчивости внимания (рис. 6).

Анализ результатов оценки концентрации внимания, проведенный после тренировки, дал следующие результаты: 27 % детей младшего школьного возраста показали высокий уровень концентрации, 33 % – средний и 40 % – низкий (рис. 7).

Оценка устойчивости внимания после тренировок показала следующие результаты: 7 % детей показали высокий уровень устойчивости, 33 % – умеренный, 37 % – средний, 23 % – низкий (рис. 8).

Рис. 6. Показатели уровня устойчивости внимания до тренировки

Рис. 7. Показатели уровня концентрации внимания после тренировки

Рис. 8. Показатели уровня устойчивости внимания после тренировки

Выводы. На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что концентрация и устойчивость внимания среди первоклассников, занимающихся хоккеем, выше перед тренировкой, так как они отдыхали после школы. Снижение концентрации и устойчивости внимания значительно выражено после школы и тренировки, когда дети находятся в состоянии повышенной умственной и физической нагрузки, что приводит к переутомлению и снижению работоспособности. Таким образом, нужно осознавать, что утомляемость является важным элементом развития организма и сохранения его целостности. На основании изложенного считаем необходимым продолжить изучение вопроса утомляемости среди школьников, с применением других методов оценки утомления.

Список литературы

1. Луганова С.Г. Исследование степени утомляемости учащихся и ее влияния на изменение показателей внимания // Педагогический журнал. – 2020. – Т. 10, № 4А. – С. 55–59.

2. Педагогический энциклопедический словарь / гл. ред. Б.М. Бим-Бад. – 3-е изд., стер. – М.: Большая рос. энцикл.: Дрофа, 2009. – 527 с.

3. Ухтомский А.А. Учение о доминанте. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 310 с.

4. Ежова Н.В. Профилактика утомляемости младших школьников // Становление и развитие новой парадигмы инновационной науки в условиях современного общества: сборник статей Международной научно-практической конференции, Саратов, 29 апреля 2018 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Омега сайнс", 2018. – С. 165–167.

5. Киселева Н.А. Диагностика умственного утомления у детей младшего школьного возраста в процессе учебной деятельности // Вестник ВИЭПП. – 2019. – № 1 – С. 21.

Особенности нейрогуморального профиля детей дошкольного возраста, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном

Н.А. Никоношина, О.В. Долгих

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Проанализированы особенности нейрогуморального профиля детей дошкольного возраста, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном. Аэрогенная экспозиция бенз(а)пиреном (7,4 ПДК$_{сс}$) в среднесуточной дозе $87{,}6 \cdot 10^{-3}$ мкг/(кг·день) обусловливает повышение уровня контаминации крови данным ПАУ, а также изменения нейрогуморальной регуляции физиологических функций организма на фоне специфической

гиперсенсибилизации к бенз(а)пирену ($p < 0,05$). Установлено повышение уровня продукции возбуждающих нейромедиаторов – глутаминовой кислоты (*OR* (*CI*) = 3,125 (1,618–6,035), $p < 0,05$) и серотонина (*OR* (*CI*) = 5,057 (2,760–9,267), $p < 0,05$) с одновременным снижением содержания медиатора торможения – гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК) (*OR* (*CI*) = 1,463 (1,003–2,135), $p < 0,05$) на фоне гиперпродукции специфического IgG к бенз(а)пирену (*OR* (*CI*) = 7,756 (4,255–14,140), $p < 0,05$) относительно группы сравнения. Выявленные изменения нейрогуморального профиля обследованных детей (избыток глутаминовой кислоты, серотонина; дефицит ГАМК) на фоне специфической гаптенной гиперсенсибилизации (IgG к бенз(а)пирену) указывают на признаки гиперактивации нервной системы, а сами маркеры рекомендуются для использования в качестве индикаторных показателей для задач ранней диагностики дисбаланса нейрогуморальной регуляции у детей, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном.

Ключевые слова: бенз(а)пирен, дети, нервная система, серотонин, глутаминовая кислота, гамма-аминомасляная кислота.

Бенз(а)пирен является одним из наиболее распространенных высокотоксичных загрязнителей окружающей среды промышленно развитых территорий, обладающим выраженным иммуносупрессивным и канцерогенным свойствами, подробно описанными в научной литературе [2, 5]. Однако, имея свойство биоаккумуляции, бенз(а)пирен способен оказывать не только дезадаптационное иммунотропное действие, но и реализовать свой нейротоксический потенциал посредством прямого цитотоксического и опосредованного метаболического действия [6, 8]. Нейротоксические свойства бенз(а)пирена связаны преимущественно с модулированием экспрессии генов возбуждающих и тормозных нейротрансмиттеров, их непосредственной продукции и рецепторного сигналинга [7].

Следовательно, изучение особенностей продукции нейротрансмиттеров у детей дошкольного возраста, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном, является актуальным в аспекте идентификации маркерных показателей донозологических изменений для дальнейшего использования при ранней диагностике и профилактике неврологических нарушений у детского населения промышленно развитых территорий.

Цель исследования – изучить особенности нейрогуморального профиля у детей дошкольного возраста, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции внешнесредовыми химическими факторами (на примере бенз(а)пирена).

Материалы и методы. Выполнено клинико-лабораторное обследование 479 детей в возрасте 3–6 лет. Группу наблюдения составили 308 детей, проживающих на промышленно развитой территории в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном. В группу сравнения включен 171 ребенок, проживающий на условно чистой территории. Обследованные выборки сопоставимы по половозрастному, социальному и этническому составу.

Определение концентрации бенз(а)пирена в крови обследованных детей проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на приборе Agilent 1200 (Agilent Technologies Inc., США) в соответствии с МУК 4.1.3040-12 «Определение массовой концентрации бенз(а)пирена в крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».

Определение уровня специфической сенсибилизации к бенз(а)пирену по критерию IgG к бенз(а)пирену проводили посредством аллергосорбентного теста с ферментной меткой.

Изучение особенностей нейрогуморального профиля по критерию содержания серотонина, глутаминовой кислоты и гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК) в сыворотке крови проводили методом ИФА на анализаторе BioTek ELx808 (BioTek Instruments Inc., США).

Статистическая обработка результатов исследования выполнена с помощью пакета прикладных программ Statistica 10.0 (StatSoft, USA). Для оценки уровня достоверности полученных данных использовали параметрический критерий Стьюдента с учетом нормального распределения переменных в сравниваемых группах. В случае отклонения от нормального распределения, для сравнения данных использовали непараметрический *U*-критерий Манна – Уитни. Различия между группами считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. По результатам выполненной гигиенической оценки качества атмосферного воздуха промышленно развитой территории с избыточной техногенной нагрузкой установлено, что средняя концентрация бенз(а)пирена в точках наблюдения составляет 7,4 $ПДК_{сс}$, что указывает на несоответствие его качества гигиеническим нормативам. При этом содержание бенз(а)пирена в атмосферном воздухе условно чистой территории сравнения определяется на уровне 0,8 $ПДК_{сс}$, не превышая установленные нормативные значения [1, 4]. Средняя суточная доза аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном для детей в группе наблюдения составляет $87,6 \cdot 10^{-3}$ мкг/(кг·день), тогда как для детей в группе сравнения – $8,29 \cdot 10^{-3}$ мкг/(кг·день).

В результате проведенного химико-аналитического исследования биосред детского населения урбанизированной территории с избыточной техногенной нагрузкой установлены признаки избыточной контаминации крови бенз(а)пиреном. Так, содержание бенз(а)пирена в крови 71,6 % детей в группе наблюдения ($0,00242 \pm 0,000378$ мкг/дм^3) достоверно превышает как значение данного показателя в группе сравнения ($0,001094 \pm 0,000382$ мкг/дм^3), так и его референтный уровень (0 мкг/дм^3) ($p < 0,05$).

Результаты изучения особенностей нейрогуморального профиля детского населения промышленно развитой территории, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном, демонстрируют тенденцию повышения уровня продукции возбуждающих нейротрансмиттеров с одновременным снижением содержания тормозного нейрорегуляторного фактора на фоне специфической гиперсенсибилизации к данному гаптену (таблица).

Особенности нейрогуморального профиля детей дошкольного возраста, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном

Показатель	Референтный уровень [3]	Группа наблюдения, $n = 308$	Группа сравнения, $n = 171$	p
Серотонин, нг/мл	50–200	130,181 ± 10,867	82,460 ± 4,887	0,001
Глутаминовая кислота, мкмоль/дм^3	19–100	101,277 ± 4,405	70,183 ± 8,077	0,001
Гамма-аминомасляная кислота, мкмоль/дм^3	0,039–0,319	0,108 ± 0,012	0,140 ± 0,018	0,004
IgG к бенз(а)пирену, усл. ед.	0–0,1	0,202 ± 0,018*	0,080 ± 0,005	0,001

Примечание: * – различия с референтным уровнем достоверны ($p < 0,05$).

Нейрогуморальный профиль 94,8 % (292) детей, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном, характеризуется повышением содержания глутаминовой кислоты – основного возбуждающего нейромедиатора, участвующего в регуляции высших интегративных функций мозга, условно-рефлекторной деятельности, эмоций, болевой чувствительности и мышечных сокращений, относительно группы сравнения (*OR* (*CI*) = 3,125 (1,618–6,035), $p < 0,05$).

У 94,5 % (291) детей выявлено повышение уровня продукции серотонина – важнейшего нейротрансмиттера, участвующего в регуляции настроения, ритма бодрствования и сна, контроля аппетита, стрессоустойчивости и восприятия боли, относительно группы сравнения (*OR* (*CI*) = 5,057 (2,760–9,267), $p < 0,05$).

При этом у 61,4 % (189) детей в группе наблюдения отмечается статистически значимое снижение содержания основного медиатора торможения ЦНС – ГАМК по отношению к группе сравнения (*OR* (*CI*) = 1,463 (1,003–2,135), $p < 0,05$).

Выявленные изменения нейрогуморального профиля детей, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном, формируются на фоне специфической гиперсенсибилизации к данному гаптену, о чем свидетельствует повышение уровня его продукции у 94,8 % (292) детей в группе сравнения относительно группы сравнения (*OR* (*CI*) = 7,756 (4,255–14,140), $p < 0,05$).

Выводы. Таким образом, установленное повышение уровня возбуждающих нейромедиаторов: серотонина (*OR* (*CI*) = 5,057 (2,760–9,267), $p < 0,05$) и глутаминовой кислоты (*OR* (*CI*) = 3,125 (1,618–6,035), $p < 0,05$) на фоне снижения содержания основного медиатора торможения – ГАМК (*OR* (*CI*) = 1,463 (1,003–2,135), $p < 0,05$), ассоциированное с избыточным уровнем контаминации крови бенз(а)пиреном и формированием специфической гиперсенсибилизации к данному гаптену по критерию IgG к бенз(а)пирену (*OR* (*CI*) = 7,756 (4,255–14,140), $p < 0,05$), указывает на признаки синаптической гиперактивации, повышающей риск развития неврологических нарушений, связанных с гиперпарасимпатикотонией, глутаматной интоксикацией нейронов у детей в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном в дозе $87,6 \cdot 10^{-3}$ мкг/(кг·день). Выявленные особенности нейрогуморального профиля (избыток серотонина и глутаминовой кислоты, дефицит ГАМК), формирующиеся на фоне специфической гаптенной гиперсенсибилизации (IgG к бенз(а)пирену), отражают характер и вектор дисбаланса нейромедиаторов, а сами маркеры рекомендуется использовать в качестве индикаторных показателей для ранней диагностики и профилактики нарушений со стороны нервной системы у детского населения промышленно развитых территорий.

Список литературы

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. – М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. – 844 с.

2. Долгих О.В., Никоношина Н.А. Аэрогенная экспозиция бенз(а)пиреном детей как фактор модификации генетически детерминированной клеточной гибели // Гигиена и санитария. – 2023. – Т. 102, № 5. – С. 482–487.

3. Клиническое руководство Тица по лабораторным тестам / под ред. А.Х.Б. Ву; пер. с англ. под ред. В.В. Меньшикова. – М.: Лабора, 2013. – 1280 с.

4. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2017 г.: Ежегодник. – СПб., 2018. – 224 с.

5. Abd El-Fattah E.E., Abdelhamid A.M. Benzo[a]pyrene immunogenetics and immune archetype reprogramming of lung // Toxicology. – 2021. – Vol. 463. – P. 152994.

6. Benzo(a)pyrene attenuates the pattern-recognition-receptor induced proinflammatory phenotype of murine macrophages by inducing IL-10 expression in an aryl hydrocarbon receptor-dependent manner / C. Fueldner, J. Kohlschmidt, S. Riemschneider [et al.] // Toxicology. – 2018. – Vol. 409. – P. 80–90.

7. Glutamate-Gated NMDA Receptors: Insights into the Function and Signaling in the Kidney / J.M. Valdivielso, À. Eritja, M. Caus, M. Bozic // Biomolecules. – 2020. – Vol. 10, № 7. – P. 1051.

8. The effect of occupational exposure to benzo[a]pyrene on neurobehavioral function in coke oven workers / C. Qiu, B. Peng, S. Cheng, Y. Xia, B. Tu // Am J Ind Med. – 2013. – Vol. 56, № 3. – P. 347–355.

Особенности иммунного статуса детей юга Сибири с расстройством вегетативной нервной системы

Е.А. Отавина, О.В. Долгих

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотрбнадзора, г. Пермь, Россия

Представлены результаты изучения особенностей иммунного статуса детей школьного возраста с расстройством вегетативной нервной системы, проживающих на промышленно развитой территории юга Сибири, у которых отмечается повышенная концентрация алюминия в моче (в 1,4 раза относительно группы сравнения). Установлены следующие особенности иммунного профиля: гиперэкспрессия иммуносупрессорных клеток CD127- с кратностью превышения значений группы сравнения более чем в 1,8 раза; снижение основных кластеров клеточной дифференцировки CD3+ и CD4+-лимфоцитов; угнетение фагоцитарного звена иммунитета по критерию абсолютного фагоцитоза (в 1,4 раза); активация гуморального звена иммунитета с увеличением продукции иммуноглобулинов G и A.

У школьников, проживающих в условиях экспозиции неблагоприятных химических факторов, выявлена избыточная востребованность в ферментах детоксикации второй фазы (в частности – глутатионпероксидазы), а также обнаружены признаки наличия нейротропных эффектов, ассоциированных с гиперпродукцией нейротропина-3.

Ключевые слова: расстройство вегетативной нервной системы, алюминий, иммунный статус, кластеры клеточной дифференцировки.

Значительную распространенность среди детского населения в настоящее время получили вегетативные расстройства. Вегетативная нервная система обеспечивает работу большинства органов и систем человеческого организма, поддерживает постоянство его внутренней среды и приспособленность к изменчивым условиям окружающей среды [1, 2]. Одним из основных факторов, вызывающих

расстройства вегетативной нервной системы является стресс. Детский организм, особенно в младшем школьном возрасте, испытывает регулярные психоэмоциональные нагрузки, недостаток сна, способные вызвать нарушения в работе нервной системы.

Для юга Сибири характерно наличие крупнейших предприятий нефтепереработки, теплоэнергетики, цветной металлургии и химической промышленности, создающих значительную техногенную нагрузку на окружающую городскую среду, увеличивая уровень загрязнения атмосферного воздуха, что, в свою очередь, создает стрессовые условия для функционирования всех регуляторных систем человеческого организма, в том числе и вегетативной нервной системы. Одним из приоритетных токсичных элементов, оказывающих негативные эффекты на организм человека, на юге Сибири является алюминий. Обладая способностью к кумуляции при длительном поступлении в организм, алюминий, накапливаясь, оказывает иммуносупрессивное действие: подавляет функцию Т-лимфоцитов и В-лимфоцитов, повреждает макрофаги и тем самым приводит к развитию иммунопатологии [3, 4]. Показано, что при воздействии алюминия подавляется фагоцитарная активность клеток и снижается их жизнеспособность. Также серьезным негативным эффектом накопления алюминия в организме является нейротокичность, поскольку нервная система является наиболее чувствительной мишенью для данного токсиканта и его соединений. Благодаря тесной взаимосвязи, нервная и иммунная системы работают как единая базисная система, и возникающие вегетативные нарушения являются отражением изменений, происходящих в нейроиммунной регуляции.

Цель исследования – оценка иммунного статуса детей проживающих на юге Сибири, имеющих расстройства вегетативной нервной системы.

Материалы и методы. Проведено исследование 370 детей юга Сибири с расстройством вегетативной нервной системы. Группу наблюдения составили дети (n = 259), проживающие и посещающие детские дошкольные учреждения на территории крупного промышленного центра. Группа сравнения состояла из 111 детей, проживающих и посещающих дошкольные учреждения вне зоны влияния промышленных предприятий.

Определение содержания химических элементов в крови и моче проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) с помощью масс-спектрометра Agilent 7900 (производство Agilent Technologies Inc., США) в соответствии с методикой: алюминий в моче определяли в соответствии с МУК 4.1. 3589–19 «Измерение массовой концентрации алюминия в биологических средах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой».

Оценка фагоцитарной активности проводилась с использованием в качестве объектов фагоцитоза формалинизированных эритроцитов барана. Концентрации сывороточных иммуноглобулинов классов А (IgA) и G (IgG) определяли при помощи метода радиальной иммунодиффузии (реакция по Манчини). Определение содержания кортизола проводилось методом имуноферментного анализа приборе Biotek ELx808 (США) с использованием набора реагентов компании «Хема-Медика» (Россия). Определение содержания глутатионпероксидазы и нейротропина-3 в сыворотке крови выполнено с помощью коммерческих тест-систем на иммуноферментном анализаторе.

Результаты были оценены с помощью универсальной программы анализа данных Statistica, Statsoft, Inc. (США). Значимость различий оценивалась с помо-

щью *t*-критерия Стьюдента. Модели зависимости «маркер экспозиции – маркер эффекта» определяли методом корреляционно-регрессионного анализа по критерию Фишера и коэффициенту детерминации (R^2). Достоверность отличий между группами считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Химико-аналитическое исследование биосред выявило повышенный уровень алюминия в моче детей, проживающих на территории крупного промышленного центра, относительно его содержания в группе сравнения (табл. 1).

Таблица 1

Содержание алюминия в моче школьников, мг/ дм^3

Группа наблюдения	Группа сравнения
0,0107 ± 0,0018	0,0074 ± 0,0012

Анализ CD-маркеров выявил у детей группы наблюдения статистически значимое повышение абсолютной и относительной величины Т-регуляторных лимфоцитов CD127$^-$ в отношении значений нормы и группы сравнения в 1,9 и 1,8 раза соответственно (табл. 2). Одновременно экспрессия основных кластеров клеточной дифференцировки CD3+CD4+- и CD3+-лимфоцитов у детей из крупного промышленного центра были достоверно ниже аналогичных показателей школьников, проживающих на условно чистой территории. Анализ отношения шансов изменения показателей иммунитета при повышении концентрации контаминантов в биологических средах выявил достоверное увеличение абсолютного и относительного содержания CD127-лимфоцитов при увеличении концентрации алюминия в моче ($R^2 = 0,29–0,33$).

Таблица 2

Показатели иммунного и гормонального профиля обследованных школьников, $M \pm m$

Показатель	Норма	Группа наблюдения	Группа сравнения
CD127-лимфоциты, абс, 10^9/дм^3	0,02–0,04	0,066 ± 0,013*/**	0,037 ± 0,007
CD127-лимфоциты, отн, %	0,8–1,2	2,121 ± 0,383*/**	1,136 ± 0,216
CD3+CD4+-лимфоциты, абс., 10^9/л	0,41–1,59	0,946 ± 0,059**	1,064 ± 0,07
CD3+CD4+-лимфоциты, отн., %	31–60	35,963 ± 0,974**	39,473 ± 1,189
CD3+-лимфоциты, абс, 10^9/л	0,69–2,54	1,687 ± 0,096**	1,914 ± 0,119
CD3+-лимфоциты, отн., %	55–84	66,096 ± 1,119**	70,959 ± 1,504
IgG, г/дм^3	11–16	12,15 ± 0,426**	9,852 ± 0,563
IgA, г/дм^3	1,17–2,2	1,389 ± 0,056**	1,207 ± 0,092
Абсолютный фагоцитоз, 10^9/дм^3	1–2	1,507 ± 0,093**	2,081 ± 0,199
IgG к алюминию, усл. ед.	0–0,1	0,169 ± 0,024*/**	0,09 ± 0,022
Кортизол, нмоль/см^3	140–600	352,34 ± 18,497**	236,53 ± 18,352

Примечание: * – разница достоверна относительно нормы ($p < 0,05$); ** – разница достоверна относительно группы сравнения ($p < 0,05$).

Оценка иммунного профиля позволила установить более высокие уровни иммуноглобулинов класса G и A в группе наблюдения, относительно их содержания в группе сравнения, где значение IgG опустилось ниже физиологической нормы, а IgA находилось на ее нижней границе. Также в группе наблюдения было вы-

явлено снижение фагоцитарной активности по показателю абсолютного фагоцитоза в 1,4 раза по отношению к группе сравнения. Оценка отношения шансов изменения показателей гуморального иммунитета при возрастании концентрации контаминантов в биологических средах позволила установить достоверное ($p < 0,05$) увеличение содержания IgG и IgA при возрастании концентрации алюминия в моче ($R^2 = 0,61–0,81$). Снижение абсолютного фагоцитоза также достоверно связано с увеличением концентрации алюминия в моче ($p < 0,05$; $R^2 = 0,65$).

Содержание специфического иммуноглобулина G к алюминию достоверно повышено в группе детей, проживающих в зоне промышленного освоения, как в отношении нормы, так и группе сравнения, с кратностью превышения в 1,7 и 1,9 раза ($p < 0,05$).

Содержание кортизола в обеих группах находилось в пределах нормы, однако группа наблюдения характеризовалась увеличением уровня экспрессии данного гормона в 1,5 раза относительного группы сравнения.

В группе наблюдения наблюдалась более активная экспрессия глутатионпероксидазы относительно ее содержания в группе сравнения, что характеризовало активную работу системы глутатиона – одного из основных звеньев антиоксидантной и детоксикационной защиты организма (табл. 3). Глутатион активно участвует в детоксикации ксенобиотиков (в том числе алюминия), под воздействием которых происходит интенсификация свободнорадикального окисления и является главным фактором в механизме, обеспечивающим конъюгацию и выведение из организма вредных химических соединений.

Таблица 3

Показатели гомеостаза детей школьного возраста с расстройствами вегетативной нервной системы

Показатель	Норма	Группа наблюдения	Группа сравнения
Глутатионпероксидаза, нг/см^3	27,5–54,7	44,095 ± 1,719	39,729 ± 2,842
Нейротропин-3, пг/мл	5,72–8,18	9,198 ± 0,568	7,185 ± 1,423

Установлен повышенный в сравнении с нормой и показателями группы детей из условно чистой территории уровень нейротропина-3. Нейротропин-3 играет важную роль в функционировании нервной системы, участвуя в регенерации нейрональных структур и предотвращая запуск апоптоза в нейронах, повышенный уровень данного белка сигнализирует о наличии ранних признаков нейродегенерации.

Выводы. Таким образом, проведенное обследование позволило установить, что у детей младшего школьного возраста с расстройствами вегетативной нервной системы, проживающих в крупном промышленном центре юга Сибири, наблюдается повышенный уровень контаминации алюминия в моче, функциональный дисбаланс иммунной регуляции, выражающийся нарушением экспрессии кластеров клеточной дифференцировки – увеличением кластера CD127-лимфоцитов с одновременным дефицитом CD3+CD4+- и CD3+-лимфоцитов, угнетением фагоцитарной активности, развитием гиперчувствительности к техногенному гаптену (IgG к алюминию), увеличением уровня экспрессии гормона стресса – кортизола. Также для школьников, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции алюминием, характерны проявления нарушений процессов детоксикации и нейрорегуляции, сопряженные с гиперэкспрессией глутатионпероксидазы и фактора роста нейронов – нейротропина-3.

Список литературы

1. Ефимова Н.В., Мыльникова И.В. О влиянии факторов окружающей среды и образа жизни на формирование синдрома вегетативной дисфункции у школьников // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 1. – С. 76–81.
2. Мальцева Т.В., Половодова Н.С. Особенности иммунного статуса при различных вариантах вегетативного обеспечения у детей и школьников, проживающих на крайнем севере // Педиатрия. – 2010. – № 4. – С. 122–126.
3. Мочалов А.В. Влияние тяжелых металлов на физиологические процессы // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 8 (2). – С. 333–333.
4. Скупневский С.В. Иванов Д.В. Воздействие алюминия и его соединений на функции органов и тканей человека (обзорная статья) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2023. – Т. 17, № 1. – С. 110–124.

Акцентные вопросы школьного питания по результатам социологического исследования учащихся в Воронежской области

Р.А. Усанов[3], И.И. Механтьев[2,3], А.Б. Шукелайть[1,3], Л.А. Масайлова[3], Г.В. Ласточкина[3], В.В. Бондаренко[3]

[1]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Минздрава России,
[2]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
[3]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, г. Воронеж, Россия

Организация питания детей – обязательный элемент в системе создания благополучных условий обучения и воспитания в детских организациях.

Социологическое исследование проводилось с целью определения факторов риска нарушений здоровья школьников, обусловленных пищевым поведением. Основной метод исследования – интервьюирование. В проекте реализованы методические приемы ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора (МР 2.3.0316-23).

Выборочное социологическое исследование организации питания детей в общеобразовательных организациях, учет индивидуальных характеристик состояния здоровья и антропометрических параметров, особенностей питания и физической активности позволили обозначить акцентные вопросы в региональной системе организации питания школьников. Результаты проекта были сопоставлены с аналогичными показателями Российской Федерации.

Ключевые слова: социологическое исследование, питание школьников, здоровьесбережение.

Поиск факторов, оказывающих влияние на формирование патологии у детей в условиях образовательной среды, и контроль за этими факторами – значимый компонент в системе профилактики различных соматических заболеваний и важ-

нейшая государственная задача в контексте сохранения и здоровьесбережения подрастающего поколения [1, 2].

Выявление групп риска в когорте учащихся значимо для региона, поскольку доля детского населения в общей численности постоянного населения довольно значима и составляет порядка 20 % [3].

Согласно задачам федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография» в 2022–2023 учебном году на территории Воронежской области проведен очередной этап социологического исследования по оценке питания детей школьного возраста [4, 5]. Воронежская область участвует в исследовании с 2020 г. Проект в 2020 г. охватил 100 общеобразовательных организаций; в 2021 г. – 60; в 2022 г. – 50; в 2023 г. – 50.

Цель исследования – оценка региональных характеристик питания учащихся.

Материалы и методы. Основой для изучения и анализа стали данные социологического опроса школьников, родительского сообщества, педагогических работников общеобразовательных организаций и организаторов питания (n = 3085). Мониторинговые мероприятия выполнены при условии соблюдения этических норм. Использовались гигиенические, статистические и социологические (метод формализованного интервью по стандартизованным анкетам) методы исследования. Дорожная карта исследования предварительно согласована с Департаментом образования Воронежской области. Организовано информирование образовательных организаций, задействованных в проекте.

В качестве основных индикаторных критериев рассмотрены: соблюдение принципов здорового питания; распространенность избыточной массы тела и ожирения; показатели удовлетворенности респондентов организацией питания; показатели несъедаемости.

Результаты. Данные реализованного проекта свидетельствуют, что в регионе распространены проблемы избыточной массы тела и ожирения, которые наиболее показательны для обучающихся 2-х и 5-х классов (29,3 и 33,8 % соответственно), что косвенно свидетельствует о несоблюдении принципов здорового образа жизни в семьях и нездоровых привычках в питании. Среди школьников сохраняется проблема высокого уровня хронической заболеваемости, связанной с нарушениями питания (суммарно – у 28,8 % опрошенных детей). Показатели хронической заболеваемости старшеклассников выше в сравнении со школьниками начального звена.

Региональное исследование выявило ключевые проблемы в организации школьного питания, которые требуют оперативной коррекции при межведомственном взаимодействии с органами исполнительной власти субъекта. Так, в ассортименте дополнительного питания школьников недостаточно продуктов, отвечающих принципам здорового питания. Пищевые предпочтения воронежских школьников при выборе дополнительного питания и перекусов, в первую очередь, указывают на «нездоровые» пищевые привычки (превалирует выбор кондитерских и выпечных изделий, соков и нектаров).

Существует проблема внедрения в школах региона инновационных форм организации питания. Питание по выбору школьников и в формате «шведского стола» в структуре предложений родителей школьников по улучшению организации школьного питания определили более 40 %.

Еще один вектор корректирующих мероприятий – организация питания детей с заболеваниями, требующими индивидуального подхода. Условия для организации питания детей с сахарным диабетом, пищевой аллергией созданы во всех школах региона (от общего числа организаций, в которых обучались дети с данным заболеванием). Согласно ответам респондентов на практике специальное питание используют порядка 60 % детей с сахарным диабетом и 80 % – с пищевой аллергией.

По результатам социологического исследования для 13 общеобразовательных учреждений в 9 муниципальных образованиях были сформулированы акцентные проблемы и предложены корректирующие мероприятия в организации питания обучающихся.

Кроме того, результаты изучения региональных характеристик питания учащихся продемонстрировали практическую ориентированность на расширение просветительских мероприятий (в целях выработки привычки питаться правильно) среди населения, прежде всего, молодежи.

Реализованный пилотный проект доказал «индикативность» мониторинговых мероприятий для выявления проблемных вопросов в организации питания школьников в целях принятия мер оперативного реагирования и разработки корректирующих мероприятий межведомственной направленности [3].

Ограничения исследования. Территориальное и временное.

Список литературы

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. Кучма В.Р., Ткачук Е.А., Глобенко Н.Э. Проблемы питания современных школьников, включая детей с расстройствами психологического развития (обзор литературы) // Гигиена и санитария. – 2022. – Т. 101, № 11. – С. 1372–1378.

3. Гигиеническая оценка фактического питания школьников региона / И.И. Механтьев, А.Б. Шукелайть, Л.А. Масайлова, Г.В. Ласточкина // Гигиенические, эпидемиологические и экологические аспекты профилактики заболеваемости на региональном уровне / под ред. Н.Ю. Самодурова. – Воронеж, 2023. – С. 39–41.

4. Опыт организации и проведения анализа данных по оценке питания школьников Свердловской области в рамках реализации федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» / Н.А. Моисеева, И.Л. Холстинина, М.Ф. Княйзева, Т.В. Махаева, О.Л. Малых, С.Э. Дубенко // Здоровье населения и среда обитания. – 2020. – № 9 (330). – С. 10–17.

5. Гигиеническая оценка организации питания школьников в общеобразовательных организациях Российской Федерации / А.Ю. Попова, И.Г. Шевкун, Г.В. Яновская, И.И. Новикова // Здоровье населения и среда обитания. – 2022. – № 2. – С. 7–12.

Оценка вклада факторов питания в формирование эндокринных нарушений у учащихся школы с учетом возрастной динамики

Д.Р. Хисматуллин, В.М. Чигвинцев

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Одним из актуальных методов прогнозирования развития нозологии являются математические методы с использованием искусственного интеллекта. Проведен нейросетевой анализ данных частоты потребления продуктов питания опрошенными школьниками с целью определения наиболее и наименее оптимальных рационов питания и расчета вклада факторов в изменение вероятности развития ожирения с учетом возраста школьника. Данные для моделирования получены в рамках национального проекта «Демография». Согласно полученным данным, для трех возрастных групп определены наиболее и наименее оптимальные уровни потребления продуктов питания. Продуктами, вносящими наибольший вклад в вероятность, стали: торты и пирожные, картофель, красное мясо. Каждой возрастной группе рекомендована индивидуальная частота потребления продуктов питания, позволяющая снизить вероятность развития ожирения.

Ключевые слова: математическое моделирование, искусственный интеллект, рациональное питание, национальный проект «Демография», ожирение.

Проблема распространенности детского ожирения за последнее десятилетие достигла масштабов эпидемии. По данным отдельных эпидемиологических исследований в Российской Федерации избыточной массой тела страдают 5,5–11,8 % детей в различных регионах России, а ожирением – около 5 % детей, проживающих в сельской местности, и 8,5 % детей – в городской [1].

Очень небольшая доля случаев ожирения обусловлена моногенными причинами. Увеличение распространенности многофакторного ожирения за последние 50 лет обусловлено сложным взаимодействием факторов окружающей среды и индивидуальными особенностями человека, включая его пищевое поведение и физическую активность. На данный момент существует малое количество исследований, учитывающих синергию различных групп факторов на развитие нозологии. Кроме того, существующие исследования не учитывают недействующий уровень потребления «вредных» продуктов питания. Для изучения взаимодействия группы факторов применяются методы с использованием искусственного интеллекта (ИИ).

Использование ИИ в медицине и гигиене широко применяется для решения сложных задач, требующих больших трудозатрат [2]. Применение искусственного интеллекта способно персонализировано повысить качество жизни пациента, ускоряет постановку диагноза, оптимизирует проведение клинических исследований [3]. Благодаря внедрению искусственного интеллекта в фармацевтику и фармакологию удается сократить сроки разработки препаратов и клинических исследований, тем самым помогая снизить затраты на выпуск новых лекарств [4]. В дерматологии нейронные сети глубокого обучения могут классифицировать кожные новообразования

более эффективно, чем профессиональные дерматологи [5]. Алгоритмы искусственного интеллекта применяют для исследования рентгенограмм грудной клетки, позволяя с высокой точностью выявлять аномальный рост клеток и предсказывать раннее развитие раковых заболеваний [6]. Применение ИИ и расширение сфер его использования регулируется Указом Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» [7].

Цель исследования – выделение приоритетных факторов питания, вносящих наибольший вклад в дополнительную вероятность развития нозологии при помощи использования искусственного интеллекта с учетом возрастной группы исследуемого.

Материалы и методы. В качестве источника информации для построения математических моделей и анализа влияния факторов на развитие ожирения 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».

Скрининг состояния питания обучающихся в общеобразовательных организациях проведен в 24 регионах Российской Федерации в 2020 г. и в 49 субъектах – в 2021 г. Всего для дальнейшего анализа использованы данные 73 тыс. анкет, содержащих ответы на 100 вопросов, характеризующих различные факторы, с риском возникновения заболеваний у детей. Анкетные данные прошли дополнительный анализ на предмет наполненности и отсутствия ошибочных значений.

Для оценки влияния комбинированного влияния факторов на развитие ожирения у детей школьного возраста использовалась методика нейросетевого моделирования. Построение нейронных сетей проводилось при помощи библиотеки neuralnet в программном продукте R. Проверка качества полученной математической модели производится при помощи ROC-анализа и определения критериев специфичности и чувствительности. Анализ результатов моделирования с использованием нейронных сетей позволяет сформировать наиболее и наименее оптимальные рационы питания и образа жизни, способствующие изменению вероятности развития ожирения у детей школьного возраста. Для увеличения количества возможных вариантов сочетаний анализируемых факторов и вероятных ответов использован метод Монте-Карло.

Метод Монте-Карло, или метод случайного поиска, предполагает проведение численных экспериментов по прогнозированию вероятности формирования заболеваний у школьников по сценариям (значениям факторов), сгенерированных случайным образом. Всего проведено 300 тыс. численных экспериментов, в результате которых набрана статистика, позволяющая устанавливать закономерности формирования нарушений здоровья и определять оптимальные режимы питания детей школьного возраста.

Определение факторов, оказывающих влияние на наличие или отсутствие нозологии, производилось путем выборки наиболее часто встречаемого варианта ответа в выборках здоровых и больных детей, что позволяет выявить значения факторов, характерных для развития или отсутствия ожирения.

Результаты. В результате проведения математического анализа получена нейросетевая модель включающая в себя внешний слой нейронов, соответствующих исследуемым факторам, два внутренних слоя (22 и 14 нейронов) и выходного

слоя, соответствующего вероятности формирования ожирения у среднестатистического обучающегося общеобразовательного учреждения. Визуальная интерпретация полученной нейронной сети представлена на рис. 1.

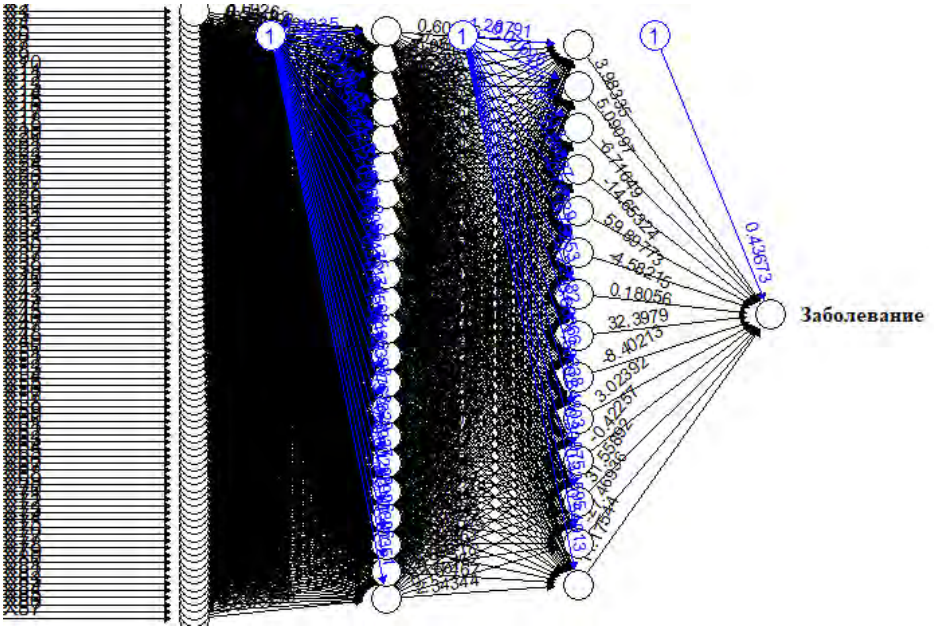


Рис. 1. Нейросетевая модель зависимости вероятности развития ожирения от исследуемых факторов

Полученная математическая модель, по результатам проведенного SIR-анализа, обладает значением AUC, равным 0,96, что говорит о высокой степени достоверности полученной модели.

Нейронная сеть обладает параметрами чувствительности 89 % и специфичности 9 6 %. Матрица классификации представлена в табл. 1.

Таблица 1

Матрица классификации модели зависимости вероятности развития ожирения от факторов питания и образа жизни

Параметр	True	False
Positive	317	474
Negative	38	10713

С целью изучения влияния факторов питания на развитие ожирения в зависимости от возраста детей созданная выборка поделена на три группы: дети, обучающиеся в начальной (1–4-й классы), средней (5–9-й классы) и старшей школе (10–11-й классы). Разница фоновой вероятности в трех исследуемых группах не превышает 0,1, следовательно, в дальнейшем исследовании фоновая вероятность будет иметь среднее значение и будет равняться 0,1367. Распределение фоновой вероятности развития ожирения в исследуемых группах представлено на рис. 2.

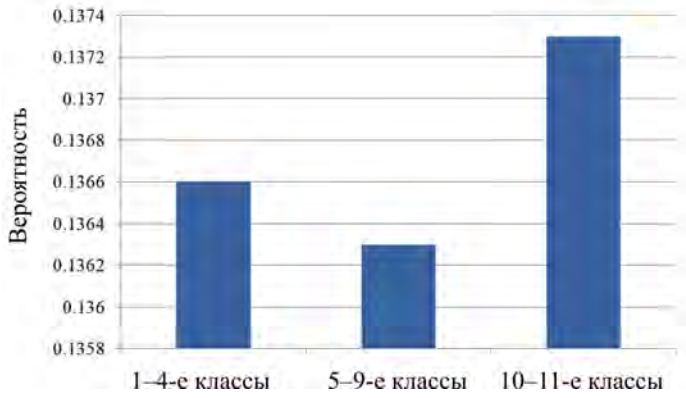


Рис. 2. Распределение фоновой вероятности развития ожирения
в исследуемых группах детей

Благодаря данным, полученным в ходе интерпретации результатов математического моделирования с использованием ИИ, выделены продукты питания, оказывающие наибольший вклад в изменение вероятности развития ожирения.

Для всех трех групп детей продуктом, вносящий один из значимых вкладов в развитие ожирения, является употребление тортов и пирожных. Распределение вероятности в зависимости от частоты потребление тортов и пирожных представлено на рис. 3.

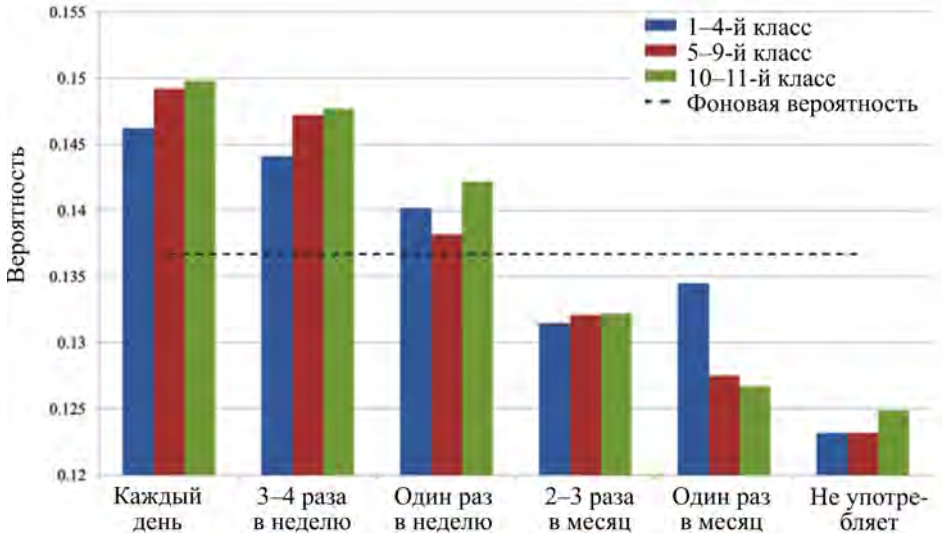


Рис. 3. Распределение вероятности развития ожирения в зависимости
от частоты употребления тортов и пирожных

Для каждой возрастной группы уровень минимального влияния потребления тортов и пирожных является наличие в рационе питания данного продукта не чаще 2–3 раз в месяц. Полное исключение из рациона питания тортов и пирожных может

снизить вероятность развития ожирения во всех трех группах в среднем на 0,013. Наиболее чувствительной группой к употреблению продукта питания являются дети 5–9-х классов обучения. Однако ежедневное употребление тортов и пирожных оказывает наибольший вклад в вероятность ожирения у детей 10–11 классов. Таким образом, чем ребенок старше, тем вероятность развития ожирения, ассоциированного с ежедневным потреблением тортов и пирожных, выше. Полученные вероятности развития эндокринного нарушения представлены в табл. 2.

Таблица 2

Дополнительная вероятность развития ожирения вызванного частотой употребления тортов и пирожных

Продукт	Частота употребления продукта	1–4-е классы	5–9-е классы	10–11-е классы
Торты и пирожные	Каждый день	0,0096	0,0129	0,0125
	3–4 раза в неделю	0,0075	0,0109	0,0104
	Один раз в неделю	0,0036	0,0019	0,0049
	2–3 раза в месяц	-0,0051	-0,0042	-0,0051
	Один раз в месяц	-0,0021	-0,0088	-0,0106
	Не употребляет	-0,0134	-0,0131	-0,0124

Согласно данным нейросетевого анализа, употребление картофеля оказывает влияние на изменение вероятности развития эндокринных нарушений во всех трех исследуемых группах. Распределение вероятностей представлено на рис. 4.

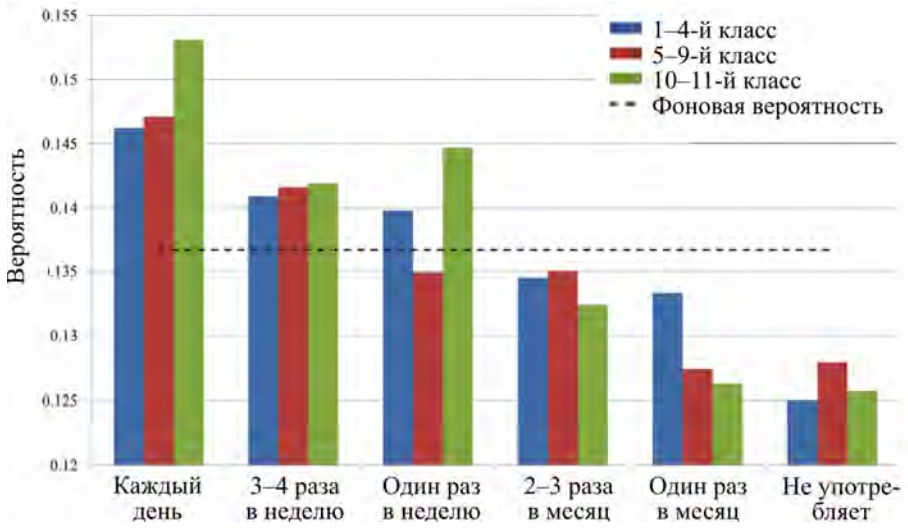


Рис. 4. Распределение вероятности развития ожирения от частоты употребления картофеля

В отличие от тортов и пирожных, употребление картофеля наиболее чувствительно влияет на детей, обучающихся в 10–11-х классах. Дополнительный риск, вызванный ежедневным употреблением картофеля исследуемой группой детей, составляет 0,0158. Стоит отметить, что дети 5–9-х классов менее восприимчивы к негативному влиянию картофеля. Минимизация вероятности развития нозологии

наступает в группе раньше, и его еженедельное употребление не оказывает влияние на развитие заболевания, тогда как в двух других группах для минимизации негативных последствий употребления картофеля необходимо употреблять его не чаще 2–3 раз в месяц. Также в данной группе полное отсутствие картофеля в рационе питания повышает вероятность развития ожирения, хоть и остается в пределах ниже фоновой. Распределение дополнительной вероятности, вызванной употреблением картофеля, представлено в табл. 3.

Таблица 3

Дополнительная вероятность развития ожирения вызванного частотой употребления картофеля

Продукт	Частота употребления продукта	1–4-е классы	5–9-е классы	10–11-е классы
Картофель	Каждый день	0,0096	0,0108	0,0158
	3–4 раза в неделю	0,0043	0,0053	0,0046
	Один раз в неделю	0,0032	-0,0014	0,0074
	2–3 раза в месяц	-0,0021	-0,0013	-0,0049
	Один раз в месяц	-0,0033	-0,0089	-0,0110
	Не употребляет	-0,0116	-0,0084	-0,0116

Согласно полученным в ходе анализа математической модели данным установлено, что использование овощей в рационе питания как метод профилактики борьбы с ожирением действенен, но не обладает таким же уровнем снижения вероятности, как отказ от употребления «вредных» продуктов питания. Распределение вероятности развития нозологии представлено на рис. 5.

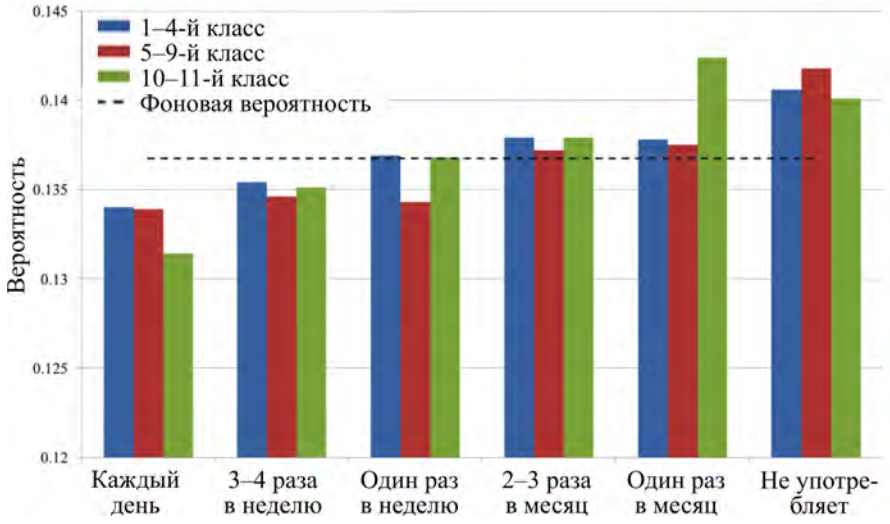


Рис. 5. Распределение вероятности развития, ассоциированное с распределением овощей в рационе питания

Ежедневное присутствие овощей в рационе питания в среднем может снизить вероятность развития ожирения на 0,0036 для всех трех исследуемых групп. В свою

очередь, отказ от тортов и пирожных способен снизить вероятность нозологии на 0,0130. Согласно результатам модели, позитивный эффект от употребления овощей достигается лишь при присутствии их в рационе питания не реже 3–4 раз в неделю для начальной и старшей школы, и не реже одного раза в неделю для ученика средней школы. Распределение дополнительной вероятности представлено в табл. 4.

Таблица 4

Дополнительная вероятность развития ожирения вызванного частотой употребления овощей

Продукт	Частота употребления продукта	1–4-е классы	5–9-е классы	10–11-е классы
Овощи	Каждый день	-0,0026	-0,0024	-0,0059
	3–4 раза в неделю	-0,0012	-0,0017	-0,0022
	Один раз в неделю	0,0003	-0,0020	-0,0005
	2–3 раза в месяц	0,0013	0,0009	0,0006
	Один раз в месяц	0,0012	0,0012	0,0051
	Не употребляет	0,0040	0,0055	0,0028

Употребление красного мяса повышает вероятность развития ожирения в каждой исследуемой группе. Увеличения доли красного мяса в рационе питания, согласно исследованиям Иранской школы диетологии [8], воздействует на маркеры метаболического синдрома, повышая концентрацию лептина, влияя на численные значения CCL2 и галектина-3. Согласно данным, полученным в результате нейросетевого моделирования, для минимизации риска развития ожирения детям средней и старшей школы допускается употребление мяса не чаще 2–3 раз в месяц. Для детей начальной школы при условии употребления мяса один раз в месяц данная вероятность падает ниже фоновой. На рис. 6 представлено распределение вероятности развития нозологии в зависимости от частоты употребления красного мяса.

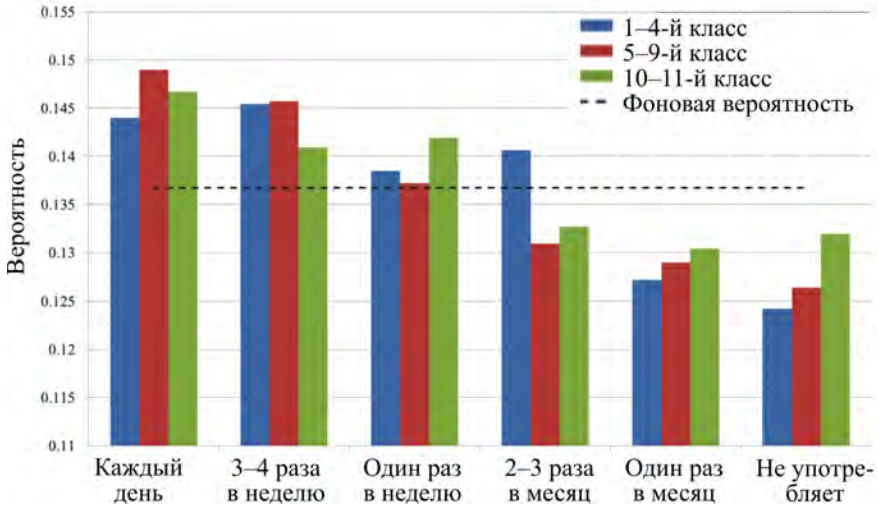


Рис. 6. Распределение вероятности развития ожирения от частоты употребления красного мяса

Следование рациону питания, предложенному ИИ, поможет снизить вероятность развития ожирения на 0,0124 для детей начальной школы, на 0,01 – для детей средней школы и на 0,0069 – для детей старшей школы. Распределение дополнительной вероятности, связанного с употреблением красного мяса, представлено в табл. 5.

Таблица 5

Дополнительная вероятность развития ожирения вызванного частотой употребления красного мяса

Продукт	Частота употребления продукта	1–4-е классы	5–9-е классы	10–11-е классы
Красное мясо	Каждый день	0,0074	0,0127	0,0094
	3–4 раза в неделю	0,0088	0,0094	0,0036
	Один раз в неделю	0,0019	0,0009	0,0046
	2–3 раза в месяц	0,0040	-0,0054	-0,0046
	Один раз в месяц	-0,0094	-0,0073	-0,0069
	Не употребляет	-0,0124	-0,0099	-0,0054

Выводы. Проанализирована частота употребления продуктов питания при помощи методов нейросетевого анализа данных. Установлено, что наибольший вклад в вероятность развития ожирения для разных возрастных групп оказывают разные продукты питания. Согласно результатам математического моделирования, риск развития ожирения среди учащихся начальной школы может быть вызван употреблением тортов и красного мяса. Дети среднего возраста наиболее восприимчивы к негативному воздействию чрезмерного употребления тортов, пирожных и красного мяса. На развитие ожирения учеников 10–11-х классов влияет чрезмерное употребление картофеля и тортов и пирожных. Однако для всех трех возрастных групп минимальный риск развития ожирения достигается не только путем исключения из рациона питания тортов, пирожных и картофеля, но и неувеличением частоты употребления овощей.

Разработанный метод математического анализа позволяет построить рационы питания с учетом половозрастных, экономических и социальных характеристик.

Предложенная методика может быть использована в качестве дополнительного источника информации для лечащего врача с целью разработки персонифицированной программы профилактики развития различных нозологий.

Список литературы

1. Акуленко И.Д., Блинкова Л.Н. Оценка состояния здоровья школьников и влияние некоторых факторов риска на развитие избыточной массы тела и ожирения // Современные аспекты формирования ЗОЖ у молодого поколения: сборник материалов всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Ростов-на-Дону, 26 апреля 2019 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный медицинский университет, 2019. – С. 12–14. EDN: NTLCAJ

2. Гасанова И.А., Парийский В.А., Грибков А.А. Искусственный интеллект в клинической медицине и стоматологии // Тенденции развития науки и образования. – 2018. – № 38–4. – С. 17–21. DOI: 10.18411/lj-05-2018-79

3. Алексеева М.Г., Зубов А.И., Новиков М.Ю. Искусственный интеллект в медицине // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 7–2 (121). – С. 10–13. DOI: 10.23670/IRJ.2022.121.7.038

4. Прожерина Ю. За гранью будущего // Ремедиум. Журнал о российском рынке лекарств и медицинской технике. – 2020. – С. 2.

5. Мещерякова А.М., Акопян Э.А., Слинин А.С. Искусственный интеллект в медицинской визуализации. Основные задачи и сценарии развития // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2018. – № 3. – С. 98–102.

6. Harvard University: Artificial Intelligence in Medicine: Applications, implications, and limitations [Электронный ресурс]. – URL: https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2019/artificial-intelligence-in-medicine-applications-implications-and-limitations/ (дата обращения: 26.06.2023).

7. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации: Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731 (дата обращения: 26.06.2023).

8. Red, white, and processed meat consumption related to inflammatory and metabolic biomarkers among overweight and obese women / F. Shiraseb, D. Hosseininasab, A. Mirzababaei, R. Bagheri, A. Wong, K. Suzuki, K. Mirzaei // Front Nutr. – 2022. – Vol. 9. – P. 1015566. DOI: 10.3389/fnut.2022.1015566

Особенности воздействия шума на работоспособность студентов разных стран

В.П. Хохрякова[1], К.В. Четверкина[1,2], Н.С. Киров[1]

[1]ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Минздрава России,
[2]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Освещена проблема шумового загрязнения в Российской Федерации и Индии. Несмотря на законы, ограничивающие деятельность людей и работу предприятия, данная проблема остается актуальной во всем мире. В ходе исследования с помощью корректурной пробы оценили работоспособность русских и индийских студентов до воздействия шума и после. Отметили, что влияние шума на русских обучающихся – негативное, так как после воздействия шума количество обрабатываемой информации снизилось, и повысилась частота ошибок. Также проанализировали воздействие шума на индийских студентов. В данном случае шум оказывал положительное влияние на показатели ЦНС, а именно концентрацию внимания и скорость обработки информации. По показателям теста Анфимова отмечен рост числа обработанных символов и снижение количества ошибок. По итогам исследования установили, что индийские студенты менее подвержены негативному влиянию шума, и даже, наоборот, наблюдается рост работоспособности у данной группы испытуемых.

Ключевые слова: работоспособность, влияние шума, корректурная проба, тест Анфимова.

В настоящее время на людей, живущих в крупных городах, действует широкий спектр промышленных, бытовых, транспортных шумов, а в пределах жилого пространства постоянно появляются все новые источники шума (например, бытовая техника).

При неспецифическом воздействии шума происходит возбуждение коры головного мозга, гипоталамуса и спинного мозга, быстро развивается запредельное торможение, нарушение уравновешенности нервных процессов, что приводит к повышению раздражительности, эмоциональной неустойчивости, снижению внимания, памяти и работоспособности. Можно заметить, что люди, живущие в постоянном шумовом загрязнении, не могут комфортно себя чувствовать в более тихой обстановке в результате наступившей адаптации к определенному уровню шума. Установлено, что почти во всех системах и органах возникают изменения в ответ на акустический раздражитель, но наиболее чувствительна к воздействию шума центральная нервная система [1].

Цель исследования – сравнение особенности влияние шума на работоспособность иностранных студентов, прибывших на обучение из Индии, и студентов из России, постоянно проживающих на территории г. Перми.

Задачи:

1. Описать уровень «шумового» загрязнения в Российской Федерации и Индии по имеющимся литературным данным.

2. Оценить влияние шума на работоспособность русских студентов.

3. Оценить влияние шума на работоспособность студентов из Индии.

4. Сравнить изменение работоспособности после воздействия шума на студентов разных стран, обучающихся в Пермском медицинском университете.

Материалы и методы. Описание шумовой ситуации крупных городов проводилось на основании анализа литературных данных. Объектами исследования явились русские и иностранные студенты II курса лечебного факультета, в количестве 71 и 45 человек соответственно. Группы были сопоставимы по полу и возрасту. Оценка работоспособности студентов проводилась дважды (до и после воздействия шума), использовали тест Анфимова, учитывая общее количество просмотренных за одну минуту знаков, общее количество ошибок и их процент. Студенты подвергались воздействию постоянного шума в течение 15 мин, уровень шума составлял 80 дБ.

Результаты. Всемирная организация здравоохранения говорит, что шумовая нагрузка не должна превышать 30 дБ в спальной комнате во время сна и быть менее 35 дБ, чтобы обеспечить хорошее условия для обучения и работы [2].

В г. Перми в 2019–2021 гг. в рамках социально-гигиенического мониторинга проводились исследования уровня шума на автомагистралях, улицах с интенсивным движением. Во всех точках измерений зарегистрировано 100%-ное превышение уровня шума [3].

Для Индии шумовое загрязнение является серьезной проблемой. Средний уровень уличного шума составляет более 85 дБ. Из-за высокой плотности населения и визитов туристов создается большой поток людей, на дорогах увеличивается количество транспорта, в том числе автобусов, оборудованных громкоговорителям. Из-за менталитета народа на улицах города постоянно звучит музыка и громкая речь, что создает дополнительный шум [4].

При оценке работоспособности русских студентов установлено, что исходное количество просмотренных знаков составляло 185,03 ± 5,31, количество ошибок – 1,69 ± 0,2. После воздействия шума данные показатели составили 173,1 ± 5,68 и 3,49 ± 0,7 соответственно. Число просмотренных знаков уменьшилось в 1,07 раза ($p \leq 0,05$), увеличилось количество допущенных ошибок в 2,07 раза ($p \leq 0,05$). Что говорит о снижении и рассеивании внимания, общем утомлении центральной нервной системы и снижении работоспособности. Субъективно студенты отмечали ухудшение общего состояния, в некоторых случаях указывая на возникновение головной боли.

При оценке аналогичных показателей индийских студентов установлено, что исходное количество просмотренных знаков у данной группы составляло 170,12 ± 5,29, количество ошибок – 1,60 ± 0,17. После воздействия постоянного шума в течение 15 мин количество просмотренных символов увеличилось до 179,14 ± 2,98, а общее количество ошибок снизилось до 1,07 ± 0,16 ($p \leq 0,05$), что указывает на повышение работоспособности и увеличение концентрации внимания. Субъективных жалоб не появилось.

Нежелательные явления при проведении исследования отсутствовали.

Выводы. Таким образом, в группе студентов из Индии после воздействия шумового фактора отмечено улучшение показателей умственной работоспособности (а именно увеличение числа просмотренных символов и уменьшение количества ошибок), повышение качества выполняемой работы. Можно предположить, что это связано с тем, что индийские студенты более адаптированы к воздействию шума, чем студенты из России, поскольку изначально проживали в среде с шумовым загрязнением, характерным для Индии.

Список литературы

1. Влияние шума на здоровье и работоспособность человека / Е. Русина [и др.] // Медико-биологические, клинические и социальные вопросы здоровья и патологии человека. – 2016. – С. 346–346.

2. The Deafening Silence Around Noise Pollution [Электронный ресурс]. – URL: https://medium.com/nyaaya/the-deafening-silence-around-noise-pollution-c892e75b258f (дата обращения: 29.03.2022).

3. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае в 2021 году: Государственный доклад. – Пермь: Управление Роспотребнадзора по Пермскому краю, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае», 2022. – 241 с.

4. Assessment of noise pollution in and around a sensitive zone in North India and its non-auditory impacts / R. Khaiwal, T. Singh, J.P. Tripathy, S. Mor, S. Munjal, B. Patro // Science of the Total Enviro. – 2016. – Vol. 566. – P. 981–987.

Иммунологический статус детского населения в условиях контаминации биосред металлами (на примере алюминия)

А.С. Ширинкина[1], О.В. Долгих[1,2]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
г. Пермь, Россия

Изучены особенности иммунологических показателей у детского населения в условиях избыточной контаминации биологических сред металлами (на примере алюминия). По результатам проведенных иммунологических исследований выявлено наличие изменений со стороны показателей иммунной системы, которые проявляются в дисбалансе показателей клеточного звена иммунитета. Так, наблюдается снижение фагоцитарной активности, активация проапоптотических кластеров клеточной дифференцировки супрессорных Т-клеточных рецепторов CD127-, рецептора клеточной смерти CD95+ ($p < 0,05$) (как по отношению к референтным значениям, так и по отношению к группе сравнения), а также гиперпродукция онкопротеина КЭА и специфического IgG к алюминию.

Ключевые слова: алюминий, детское население, специфическая сенсибилизация, клеточные маркеры.

По темпам роста производства и потребления алюминий не имеет себе равных среди других материалов. Разнообразные свойства алюминия и его сплав обусловили применение их в производстве более 500 тыс. различных изделий современной промышленности. Производственные мощности алюминиевых заводов и запасы алюминия во многом определяют экономический потенциал страны [1].

Как наиболее распространенный в земной коре металл, алюминий активно влияет на процессы жизнедеятельности организмов различного уровня. Несмотря на отношение к косным компонентам биогеоценоза алюминий считается токсичным элементом [2].

Избыток алюминия и его соединений вызывает у человека повышенную возбудимость, нарушения моторных реакций, головные боли. Высокая способность алюминия образовывать комплексные соединения обусловливает его роль в снижении активности многих ферментов и их систем. Особенно склонны к негативному воздействию алюминия дети. В структуре заболеваемости детей, проживающих в зонах аэрогенного воздействия алюминия, преобладают заболевания аллергического и иммунологического генеза [3]. Установлено, что идентифицированные белковые маркеры плазмы крови при сохраняющейся аэрогенной комбинированной экспозиции соединений алюминия позволяют прогнозировать развитие негативных эффектов в виде снижения активности гуморального звена иммунитета [4].

Иммунная система наряду с нейроэндокринными регуляторными факторами играет решающую роль в обеспечении адаптационного потенциала и поддержании гомеостаза в измененных условиях среды обитания, поэтому функциональные

сдвиги иммунологических показателей служат эффективными индикаторными критериями состояния здоровья [5].

Цель исследования – научное обоснование ряда показателей клеточной регуляции и специфической чувствительности у детей в качестве маркеров эффекта избыточной контаминации биологических сред алюминием.

Материалы и методы. Проведено углубленное изучение состояния здоровья детского населения в возрасте 4–6 лет, в рамках которого выполнено иммунологическое диагностическое обследование 78 детей (40 мальчиков, 38 девочек), постоянно проживающих в условиях аэрогенной экспозиции алюминием, при этом группу сравнения составили 40 детей 4–6 лет (22 мальчиков, 18 девочек), проживающих на «условно чистой» территории.

Содержание иммуноглобулина класса G (IgG) специфического к алюминию определяли в аллергосорбентном тесте с ферментной меткой. Идентифицировали специфические реагины с использованием конъюгированных с пероксидазой антител. Исследование биосред на содержание алюминия выполнено методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

Определение в сыворотке крови иммуноглобулинов классов A, G, M проводили при помощи метода радиальной иммунодиффузии (по Манчини). Исследование фагоцитарной активности клеток выполнено с использованием формалинизированных эритроцитов барана в качестве объектов фагоцитоза.

Фенотипирование CD-лимфоцитов проводили на проточном цитометре FACSCalibur фирмы Becton Dickinson с использованием универсальной программы CellQuest.Pro. Для определения популяций и субпопуляций лимфоцитов (CD95+, CD16+CD56+, CD127-) применяли метод мембранной иммунофлюоресценции с использованием панели меченых моноклональных антител к мембранным CD-рецепторам (Becton Dickinson, USA), при этом регистрировали суммарно не менее 10 000 событий.

Для статистической обработки результатов исследования применялись методы математической статистики с помощью программы Microsoft® Office Excel 2003 и пакета прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft, USA). Статистический анализ данных выполнялся методами описательной статистики и сравнения выборок (с использованием *t*-критерия Стьюдента и *U*-критерия Манна – Уитни). Характер статистического распределения по выборкам устанавливали по критерию согласия – χ^2. Качественные данные представлены в виде абсолютных или относительных (%) частот, количественные признаки представлены как $M \pm m$ (среднее арифметическое ± ошибка среднего). Достоверность отличий между группами считали значимыми при $p \leq 0{,}05$.

Результаты. Установлено, что обследованный детский контингент проживал в условиях аэрогенной экспозиции алюминием, которая соответствовала уровню референтной концентрации (Rfc = 0,005 мг/м^3), однако анализ биосред показал, что у детей группы наблюдения достоверно повышено содержание алюминия в крови по отношению к референтному уровню в 5,7 и в 3,5 раза соответственно к данным группы сравнения ($p < 0{,}05$) (табл. 1).

Средняя концентрация алюминия в моче достоверно ($p < 0{,}05$) превышала референтные значения (в 6 раз) и аналогичный показатель в группе сравнения (в 4,5 раза). Достоверно повышен уровень специфической сенсибилизации к алюминию как по отношению к норме, так и к показателю группы сравнения (в 3,5 раза).

Таблица 1

Сравнительная оценка содержания алюминия в биосредах

Показатель	Референтный уровень	Группа наблюдения (n = 7 8), $M \pm m$	Группа сравнения (n = 40), $M \pm m$
Алюминий [кровь], мг/дм^3	0,0065 ± 0,0035	0,037 ± 0,013*/**	0,0107 ± 0,0057
Алюминий [моча], мг/дм^3	0,006	0,036 ± 0,004*/**	0,008 ± 0,003
IgG спец. к алюминию, усл. ед.	0–0,1	0,281 ± 0,055*/**	0,08 ± 0,042

Примечание: * – разница достоверна относительно референтного интервала ($p < 0,05$); ** – разница достоверна относительно группы сравнения ($p < 0,05$).

Клинико-лабораторные исследования состояния здоровья детского населения школьного возраста указывают на наличие дисбаланса регуляторных показателей иммунной системы (табл. 2). Установлены разнонаправленные изменения содержания сывороточных иммуноглобулинов классов G, A и M относительно группы сравнения с существенным снижением значений всех анализируемых глобулинов в 1,4, 1,2 и 1,4 раза соответственно ($p < 0,05$).

Таблица 2

Иммунологические показатели детей дошкольного возраста, экспонированных алюминием

Показатель	Референтный интервал	Группа наблюдения (n = 78), $M \pm m$	Группа сравнения (n = 20), $M \pm m$
IgG, г/дм^3	10–16	10,17 ± 0,43*	14,47 ± 0,81
IgA, г/дм^3	1,17–2,2	1,295 ± 0,092*	1,587 ± 0,23
IgM, г/дм^3	1,26–2,2	1,399 ± 0,066*	1,997 ± 0,50
CD127-лимфоциты, отн., %	0,8–1,2	4,07 ± 0,92*/**	1,13 ± 0,44
CD16+56+-лимфоциты, абс., 10^9/дм^3	0,09–0,59	0,252 ± 0,054*	0,309 ± 0,147
CD16+56+-лимфоциты, отн., %	5–27	10,25 ± 1,82*/**	10,367 ± 4,74
CD3+CD95+-лимфоциты, отн., %	15–25	21,65 ± 4,52*/**	12 ± 2,49
КЭА, нг/см^3	0–2,9	1,193 ± 0,188*/**	0,795 ± 0,202

Примечание: * – разница достоверна относительно референтного интервала ($p < 0,05$); ** – разница достоверна относительно группы сравнения ($p < 0,05$).

Анализ отношения шансов изменения показателей гуморального иммунитета при возрастании концентрации контаминанта в биологических средах позволил установить достоверное ($p < 0,05$) повышение концентрации IgG к алюминию при увеличении концентрации алюминия в моче ($R^2 = 0,62$ при $p < 0,05$).

Сравнительный анализ показателей CD-иммунограммы относительно нормы установил достоверное повышение содержания относительных Т-регуляторных лимфоцитов CD127-, отвечающих за супрессию иммунного ответа.

При этом в группе наблюдения прослеживается достоверный рост активационного маркера CD95+, а также снижение содержания абсолютного и относительного количества киллерных клеток CD16+56+ относительно группы сравнения.

Зафиксирован достоверный рост уровня КЭА в группе наблюдения относительно группы сравнения в 1,5 раза ($p < 0,05$). Оценка отношения шансов изменения онкомаркеров при возрастании концентрации контаминантов в биологических

средах позволила установить достоверное ($p < 0,05$) повышение концентрации КЭА при увеличении концентрации алюминия в моче ($R^2 = 0,63$ при $p < 0,05$)

Таким образом, выявленные изменения клеточного иммунитета, которые характеризуют чрезмерную активацию маркеров клеточной дифференцировки (CD95+, CD56+, CD127-), отвечающих за его саморазрушение (апоптоз), наряду с показателем повышенной чувствительности к соединениям алюминия (IgG к алюминию), а также дефицит защитных антител IgG и избыточная экспрессия фетального протеина КЭА указывают на изменения иммунологической толерантности и могут быть рекомендованы в качестве индикаторных показателей идентификации ранних нарушений здоровья, сопряженных с экспозицией алюминием.

Список литературы

1. Дампилон Ж.В. Влияние производства алюминия в России на окружающую среду // Вестник Чувашского университета. – 2008. – № 3. – С. 349–354.

2. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы Влияние алюминия на жизнедеятельность растений / И.В. Шугалей, А.В. Гарабаджиу, М.А. Илюшин, А.М. Судариков // Экологическая химия. – 2012. Т. 21, № 3. – С. 172–186.

3. Yokel R. The toxicology of aluminum in the brain: a review // Neurotoxicology. – 2000. – № 21 (5). – P. 813–828.

4. Выявление омик-маркеров негативных эффектов, ассоциированных с аэрогенным комбинированным воздействием соединений алюминия и фтора / М.А. Землянова, Н.В. Зайцева, Ю.В. Кольдибекова, А.Н. Пережогин, М.С. Степанков, Н.И. Булатова // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 1. – С. 123–132.

5. Анализ показателей иммунного статуса у детей в условиях аэрогенной экспозиции металлами / О.В. Долгих, А.В. Кривцов, О.А. Бубнова, Е.А. Отавина, Н.В. Безрученко, А.А. Колегова [и др.]. // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 1. – С. 26–29.

Особенности нарушений рефракции и аккомодации у учащихся средних общеобразовательных школ с углубленным изучением отдельных предметов

И.Е. Штина, С.Л. Валина, О.Ю. Устинова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Болезни глаза и его придаточного аппарата занимают ведущее место в структуре заболеваемости школьников. Группу наблюдения составили 312 учащихся средних общеобразовательных школ с углубленным изучением отдельных предметов (СОШ с УИОП), группу сравнения – 492 учащихся типовых средних общеобразовательных школ (СОШ). Выполнена

комплексная оценка зрения с дальнейшей статистической обработкой материалов. У детей группы наблюдения относительно группы сравнения миопию, в том числе 2–3-й степени, регистрировали в 1,3–2,4 раза чаще, нарушения рефракции и аккомодации – в 1,4 раза чаще ($p < 0,001$). При использовании ROC-кривых найдены точки отреза длительности обучения для формирования миопии в СОШ с УИОП (5-й год обучения) и типовых СОШ (7-й год обучения). Таким образом, необходимо привлечение внимания к проблеме своевременной диагностики болезней глаза у учащихся средних общеобразовательных школ с углубленным изучением предметов.

Ключевые слова: болезни глаза и его придаточного аппарата, миопия, аккомодация, школьники, средняя общеобразовательная школа, образовательный процесс.

По данным официальной статистической отчетности заболеваемость болезнями глаза и его придаточного аппарата у детей и подростков составляет порядка 5–6,0 %. Следует отметить, что болезни рефракции и аккомодации не имеют тенденции к снижению с 2005 г. [1, 2]. Особое внимание заслуживает прирост функциональных и хронических болезней глаза за 11-летний период обучения (+106,8 и +1445,5 % соответственно) [3, 4]. По данным научных работ негативное воздействие социально-экономических факторов, окружающей среды, организации образовательного процесса способствует формированию дополнительных случаев заболеваний, включая болезни глаза [2, 5, 6]. Среди факторов риска, способствующих формированию дополнительных случаев нарушений рефракции и аккомодации, выделяют нерациональную организацию образовательного процесса и бесконтрольное применение детьми смартфонов и других электронных устройств [7–9].

Согласно результатам проведенных ранее исследований, среди учащихся профильных школ с углубленным изучением предметов распространенность миопии выше, чем у сверстников, обучающихся в типовых средних общеобразовательных школах [2].

Цель исследования – изучение особенностей нарушений рефракции и аккомодации у учащихся средних общеобразовательных школ с углубленным изучением отдельных предметов.

Материалы и методы. Группу наблюдения составили 312 учащихся средних общеобразовательных школ с углубленным изучением предметов (СОШ с УИП), (162 мальчика и 150 девочек), группу сравнения составили 492 учащихся типовых средних общеобразовательных школ (СОШ) (235 мальчиков и 257 девочек). Количество участвующих в исследовании школьников из каждой параллели классов составило 8–11 % в группе наблюдения и группе сравнения. Группы были сопоставимы по половому и возрастному признаку ($p = 0,203–0,479$). Комплексное офтальмологическое обследование включало визометрию, скиаскопию, авторефрактометрию, офтальмоскопию, определение ближайшей и дальнейшей точек зрения, объема и запаса аккомодации, наличия угла косоглазия по Гиршбергу, бинокулярного зрения. В ходе исследования выполнен расчет показателя патологической пораженности нарушением рефракции и аккомодации, отдельно нарушением аккомодации, миопией, в том числе миопией 2-й и 3-й степени (отношение числа заболеваний, выявленных при медицинском осмотре, к числу осмотренных лиц, умноженное на 100, %). Статистическая обработка материалов проведена с применением функций статистического приложения Jamovi. Выполнено сравнение переменных между подвыборками (метод хи-квадрата Пирсона (χ^2) для четырехпольных таблиц), расчет относительного риска (*OR*) и построение ROC-кривой (receiver

operating characteristic – ROC) с оценкой индекса Юдена по стандартной методике. Различия считали статистически значимыми при заданном $p \leq 0,05$.

Результаты. В результате комплексной диагностики зрения установлено, что у детей группы наблюдения статистически значимо в 1,4 раза чаще диагностировали нарушения рефракции и аккомодации (58 против 41,1 %; $p < 0,001$), при этом миопия встречалась в 1,3 раза чаще (40,1 против 27 %; $p < 0,001$), а миопия 2–3-й степени – в 2,4 раза (15,3 против 6,5 %; $p < 0,001$) при значениях относительного риска 1,28–2,5. Существенных межгрупповых различий в частоте встречаемости нарушений аккомодации и риска ее формирования не установлено (17,9 против 14 %; $p = 0,163$).

Дальнейший анализ показал, что медиана возраста диагностирования миопии у обучающихся в СОШ с УИОП имела тенденцию к более низкому значению и составила 12 (11; 14) лет против 13 (12; 14) лет – у учащихся типовой СОШ ($p = 0,089$), при отсутствии статистической значимости в различиях показателей возраста формирования аккомодации (12 (10; 13) против 11 (10; 14) лет, $p = 0,532$). При проведении ROC-анализа были установлены хорошие прогностические способности в отношении года обучения миопии как у учащихся СОШ с УИП (AUC = 0,700; $p < 0,001$), так и у учащихся типовых СОШ (AUC = 0,702; $p < 0,001$) с разными значениями точки отреза (cut-off). Для учащихся СОШ с УИОП точка отреза (cut-off) года обучения для формирования миопии соответствовала 5-му году обучения (максимальное значение индекса Юдена – 0,31; чувствительность – 88,2 % и специфичность – 42,5 %), для учащихся типовой СОШ – 7-му году обучения (значение индекса Юдена – 0,28; чувствительность – 69,9 % и специфичность – 57,8 %).

Нежелательные явления при проведении исследования отсутствовали.

Выводы. У учащихся средних общеобразовательных школ с углубленным изучением отдельных предметов установлен более ранний возраст формирования миопии, увеличение в 1,3–2,4 раза частоты ее встречаемости, в том числе миопии 2–3 степени при значениях относительного риска 1,28–2,5. Различные для группы наблюдения и группы сравнения точки отреза (cut-off) года обучения для формирования миопии подтверждают необходимость привлечения внимания к проблеме своевременной диагностики болезней глаза у школьников с учетом особенностей современного образовательного процесса.

Список литературы

1. Здравоохранение в России. 2021: статистический сборник [Электронный ресурс] / Росстат. – М., 2021. – 171 с. – URL: https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13218 (дата обращения: 16.08.2023).

2. Распространенность миопии у школьников некоторых регионов России / О.В. Проскурина, Е.Ю. Маркова, В.В. Бржеский, Е.Л. Ефимова, М.Н. Ефимова, Н.В. Хватова, Н.Н. Слышалова, А.В. Егорова // Офтальмология. – 2018. – Т. 15, № 3. – С. 348–353. DOI: 10.18008/1816-5095-2018-3-348-353

3. Здоровье детей и подростков в школьном онтогенезе как основа совершенствования системы медицинского обеспечения и санитарно-эпидемиологического благополучия обучающихся / В.Р. Кучма, И.К. Рапопорт, Л.М. Сухарева, Н.А. Скоблина, А.С. Седова, В.В. Чубаровский, С.Б. Соколова // Здравоохранение Российской Федерации. – 2021. – Т. 65, № 4. – С. 325–333. DOI: 10.47470/0044-197X-2021-65-4-325-333

4. Рапопорт И.К., Цамерян А.П. Особенности формирования нервно-психических расстройств и нарушений зрения у московских учащихся в процессе обучения в школе // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2019. – № 5. – С. 20–27. DOI: 10.35627/2219-5238/2019-314-5-20-27

5. Новикова И.И., Ерофеев Ю.В., Денисов А.В. Результаты комплексной гигиенической оценки здоровья школьников // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2018. – № 4. – С. 31–35. DOI: 10.35627/2219-5238/2018-301-4-31-35

6. Harrington S.C., Stack J., O'Dwyer V. Risk factors associated with myopia in schoolchildren in Ireland // Br J Ophthalmol. – 2019. – Vol. 103 (12). – P. 1803–1809. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2018-313325

7. Риски развития болезней глаза и его придаточного аппарата у обучающихся в условиях нарушения гигиенических правил использования электронных устройств / Н.А. Скоблина, В.И. Попов, А.Л. Еремин, С.В. Маркелова, О.Ю. Милушкина, С.А. Обрубов, А.П. Цамерян // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 3. – С. 279–284. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-279-284

8. Role of gender in the occurrence of refractive errors / D. Czepita, A. Mojsa, M. Ustianowska, M. Czepita, E. Lachowicz // Ann Acad Med Stetin. – 2007. – Vol. 53 (2). – P. 5–7. PMID: 18557370

9. The impact of computer use on myopia development in childhood: The Generation R study / C.A. Enthoven, J.W.L. Tideman, J.R. Polling, J. Yang-Huang, H. Raat, C.C.W. Klaver // Prev Med. – 2020. – Vol. 132. – P. 105988. DOI: 10.1016/j.ypmed.2020.105988

Динамика вариабельности ритма сердца после пробы с дозированной физической нагрузкой у детей младшего школьного возраста

А.А. Щербаков

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Изучены параметры вариабельности ритма сердца (ВРС) у детей младшего школьного возраста в состоянии покоя и после выполнения пробы с дозированной физической нагрузкой. Было обследовано 100 школьников. Для получения значений параметров ВРС у детей в состоянии покоя проводили запись кардиоритмограмм с измерением продолжительности кардиоциклов. В покое параметры ВРС обследованных детей указывали на симпатикотонию. Значение индекса напряжения регуляторных систем после пробы с физической нагрузкой достоверно возрастало и указывало на возрастание активности симпатического звена вегетативной регуляции. Данные, полученные в работе, указывают на несбалансированность и высокий разброс симпатических и парасимпатических влияний на ритм сердца детей младшего школьного возраста.

Ключевые слова: вариабельность ритма сердца, индекс напряжения, дети, проба с дозированной физической нагрузкой.

Исследования вариабельности ритма сердца (ВРС) в условиях применения функциональных проб у детей разного возраста и пола получают все более широкое применение. Однако имеющаяся информация о частоте сердечных сокращений (ЧСС) и ВРС в покое и при функциональных тестах недостаточна и спорна. Поэтому анализ ВРС и ее составляющих имеет практическое значение. Особенно важны такие исследования у детей разного возраста и пола, так как у детей в процессе взросления сильно меняется баланс вегетативной регуляции [1, 2]. При этом в разные возрастные периоды типы вегетативной регуляции и вклад отдельных ее звеньев в регуляцию сердечной деятельности после функциональных проб в виде физической активности имеют весьма широкий разброс [1, 3]. Одной из функциональных проб, которые можно использовать в подобных условиях, является проба с дозированной физической нагрузкой (ДФН), суть которой состоит в динамической двигательной физической нагрузке.

Цель исследования – анализ динамики параметров вариабельности ритма сердца у детей младшего школьного возраста после пробы с дозированной физической нагрузкой.

Материалы и методы. Для исследования вариабельности ритма сердца у детей до и после выполнения пробы с ДФН была сформирована группа из школьников младшего возраста (7–11 лет), состоящая из 50 мальчиков и 50 девочек, обучающихся в 1–4-х классах общеобразовательных школ. Дети не имели противопоказаний к выполнению физических нагрузок и были из семей, сопоставимых в социальном отношении.

У детей группы проводилась кардиоритмография с помощью компьютерного электрокардиографа «Поли-Спектр-8/ЕХ» («Нейрософт», Россия) с использованием кардиоритмографической программы с математическим анализом сердечного ритма в состоянии покоя, состоявшая в записи непрерывного ряда кардиоциклов в течение 5 мин. Затем дети выполняли пробу с ДФН [4], совершая 20 приседаний за 30 с. Сразу после выполнения указанной нагрузки у детей повторно проводилась кардиоритмография, также в течении 5 мин. Количество кардиоциклов после нагрузки, в соответствии с ЧСС, возрастало. Работа выполнялась в утренние часы, в летний период, чтобы снизить потенциальное влияние стрессов, связанных с обучением в школе. Затем, с использованием встроенных в кардиоритмографическое программное обеспечение методов вариационной статистики, рассчитывались параметры ВРС: мода (Мо), амплитуда моды (АМо), вариационный размах (Х), индекс напряжения регуляторных систем (ИН). Полученные значения параметров ВРС в состоянии покоя и после выполнения пробы с ДФН были подвергнуты статистической обработке с использованием парного критерия Стьюдента.

Результаты. Исследование параметров ВРС у детей младшего школьного возраста выявило следующие особенности: среднегрупповое значение моды Мо (наиболее часто встречающегося значения сердечного цикла или кардиоинтервала) до пробы равнялось 0,7 ± 0,02 с, после выполнения пробы с ДФН было статистически значимо меньше и составило 0,5 ± 0,07 с, (p = 0,01). Среднегрупповое значение индекса напряжения (ИН), до пробы составляло 172,1 ± 26,4 усл. ед., тогда как после выполнения пробы с ДФН было достоверно выше и составило 297,1 ± 41,3 усл. ед. (p = 0,05) (таблица).

Результаты кардиоритмографического обследования изученной детской популяции до и после пробы с ДФН

Параметр	В покое	После пробы с ДФН	*p*
Мода (Мо), с.	0,7 ± 0,02	0,5 ± 0,07	0,01
Амплитуда моды (АМо), %.	37,8 ± 2,1	45,3 ± 3,5	0,05
Вариационный размах (Х), с.	0,3 ± 0,03	0,3 ± 0,05	0,12
Индекс напряжения (ИН), усл. ед.	171,1 ± 26,4	297,1 ± 41,3	0,05
ЧСС, уд./мин	90 ± 1	136 ± 6	0,01

Значения ИН выше 160 условных единиц в состоянии покоя, по данным части авторов, говорит о гиперсимпатикотонии у обследованной группы детей, то есть о значительно большем влиянии симпатического звена на регуляцию сердечного ритма. Достоверное увеличение значения ИН после нагрузки служит дополнительным свидетельством превалирования симпатического звена центральной нервной регуляции ритма сердца у обследованных. По данным литературы [5], работа сердца и его регуляторных механизмов в исследуемом возрасте еще окончательно не сложились, и поэтому для ВРС возрастной группы характерен некоторый разброс показателей. Значение ИН у детей после нагрузки не превышало значения 300 усл. ед., что указывает на отсутствие у детей перенапряжения симпатического звена регуляции [6]. Среднегрупповое значение амплитуды моды АМо (демонстрирующей процентное содержание кардиоциклов, попадающих в модальный интервал) до нагрузки составляло 37,8 ± 2,1 %, после пробы достоверно возросло до 45,3 ± 3,5 % (p = 0,05) (таблица).

Достоверное укорочение значения моды и увеличение амплитуды моды после нагрузки указывают, что усилились влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы на регуляцию ритма сердца. Значение вариационного размаха (X) в покое равнялось 0,3 ± 0,03 с, что было сопоставимо с результатом после пробы 0,3 ± 0,05 с (p = 0,12) (см. таблицу). Вариационный размах, показывающий разницу между самым большим и самым маленьким значением кардиоциклов вариационного ряда, не изменился после нагрузки. Известно, что чем выше значение вариационного размаха, тем лучше выражен баланс влияния симпатического и парасимпатического звеньев регуляции ритма сердца. Однако в нашем случае значения моды, амплитуды моды и вариационного размаха говорят о превалировании влияния симпатического отдела на работу сердца у детей младшего школьного возраста как в покое, так и после нагрузки. Симпатическая нервная система активизируется в ответ на двигательную пробу. Это ведет к учащению ритма сердца, укорочению значения кардиоинтервала. Показатели ЧСС до и после пробы у детей, полученные в настоящей работе, также указывают на преобладание у обследованных детей симпатических влияний на ЧСС. Так, в покое ЧСС равнялась 90 ± 1 уд./мин, после нагрузки – 136 ± 6 уд./мин (p = 0,01) (см. таблицу).

Таким образом, основные параметры ВРС у детей обследованной группы достоверно изменились после пробы с ДФН. Статистически значимо изменились мода и ее амплитуда. Также значимо выросло значение индекса напряжения регуляторных систем. При этом вариационный размах не менялся, что свидетельствует о низком уровне адаптации сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке. Данные наблюдения согласуются с данными литературы [7, 8]. Выполненная проба с ДФН демонстрирует, что у детей эта разновидность функциональной двигатель-

ной пробы может быть индикатором, пригодным для оценки функционального состояния вегетативной нервной системы. В то же время проба с ДФН демонстрирует достоверные изменения ЧСС (таблица), что также согласуется с литературными данными [5, 6].

Выводы:

1. По итогам проведенного исследования можно сделать заключение, что у обследованных детей 7–11 лет отмечается симпатикотония как в покое, так и после выполнения пробы с дозированной физической нагрузкой.

2. У детей после выполнения пробы с дозированной физической нагрузкой статистически значимо меняется ряд показателей вариабельности ритма сердца – мода, амплитуда моды, индекс напряжения, что указывает на существенное возрастание симпатико-тонических влияний после проведения пробы с физической нагрузкой.

3. В покое и после выполнения пробы с дозированной физической нагрузкой не наблюдается изменения вариационного размаха, что свидетельствует на низкий уровень адаптации сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке. Также возрастает вариабельность зарегистрированных среднегрупповых параметров вариабельности ритма сердца.

4. Зарегистрированные изменения вариабельности ритма сердца у детей младшего школьного возраста показывают четко выраженное смещение баланса между парасимпатическими и симпатическими влияниями вегетативной нервной системы на работу сердца в сторону последних, а высокая вариабельность полученных показателей указывает на необходимость сбора статистических данных, дальнейшей их систематизации и продолжения исследований в данном направлении.

Список литературы

1. Крысюк О.Н. Возрастные особенности биоэлектрической активности миокарда и автономной регуляции сердечного ритма у детей в возрасте 7–11 лет // Новые исследования. – 2008. – № 16-1. – С. 52–59.

2. Macfarlane P.W. The Influence of Age and Sex on the Electrocardiogram // Adv Exp Med Biol. – 2018. – Vol. 1065. – P. 93–106.

3. Никулина М.В. Вегетативная регуляция сердечной деятельности у детей и подростков: автореф. дис. … канд. биол. наук. – Архангельск, 2005. – 27 с.

4. Лемешевская Е.П., Куренкова Г.В., Жукова Е.В. Основы физиологии труда. Влияние особенностей трудовой деятельности на организм человека. – Иркутск: ИГМУ, 2022. – 36 с.

5. Гуштурова И.В. Практикум по возрастной физиологии: для студентов институтов физической культуры и спорта. – Ижевск: Изд. дом «Удмуртский университет», 2018. – 140 с.

6. Ковязина О.Л. Физиология физического и умственного труда: учебно-методический комплекс. – М., 2015. – 19 с.

7. Иржак Л.И. Длительность интервалов PP, PT и сегмента TP электрокардиограммы человека: действие функциональных проб // Журнал медико-биологических исследований. – 2015. – № 2. – С. 37–43.

8. Панкова Н.Г. Функциональные пробы для оценки состояния здоровых людей по вариабельности сердечного ритма // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2013. – № 99-6. – С. 682–696.

Раздел IV

Факторы риска производственной среды и подходы к профилактике профессиональных и производственно обусловленных заболеваний

Особенности эхокардиографических показателей у работников металлургического производства

О.Ю. Горбушина

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Сердечно-сосудистые заболевания длительно протекают бессимптомно и диагностируются только при углубленном обследовании пациентов. Эхокардиография – метод исследования морфологических и функциональных изменений сердца. Группу наблюдения составили работники, экспонированные вредными производственными факторами металлургического производства (средний возраст – 47 лет, средний стаж – 17 лет). Группа сравнения включала работников без экспозиции вредными производственными факторами (средний возраст – 52 года, средний стаж – 14 лет).

По результатам исследования установлено, что у работников группы наблюдения регистрировалось увеличение объемов левого желудочка; изменение диаметра корня и восходящей аорты, фиброзного кольца аортального клапана; снижение фракции выброса достоверно чаще, чем у работников в группе сравнения. Полученные данные свидетельствуют о структурных изменениях миокарда и стенки аорты у работников вредных производств. Повышение значений времени изоволюмического расслабления и сокращения, а также тенденция к снижению пика раннего диастолического наполнения являются признаками нарушения систолической и диастолической функции левого желудочка.

Ключевые слова: металлургическое производство, вредные производственные факторы, изменения сердца.

Распространенность заболеваний сердечно-сосудистой системы (ССС) по статистическим данным на 2020 г. в РФ составила 15,7 % (II место), а смертность – 56 % (643,9 случая на 100 тыс. населения), при этом 85 % связаны с ишемической болезнью сердца (ИБС) и цереброваскулярными заболеваниями (ЦВБ) [1]. Наибольшая смертность от болезней системы кровообращения (БСК) регистрируется в активном возрасте: 20–59 лет [2]. БСК в Пермском крае (ПК) занимают 4-е место среди причин временной нетрудоспособности взрослого населения [3] и ведущее место среди причин потери квалификации у работников предпенсионного возраста [4].

Среди работающих во вредных (опасных) условиях труда наиболее распространенными БСК являются артериальная гипертензия (АГ) и ее осложнения (ИБС, ЦВБ). АГ длительно протекает бессимптомно и диагностируются поздно при углубленном обследовании пациентов. По данным эпидемиологических популяционных исследований заболеваемость АГ в когорте работников разных профессиональных сфер и производств составляет 39,8–66,7 % [5].

Эхокардиография (ЭхоКГ) является неотъемлемым методом при диагностике БСК и оценке эффективности терапии и прогноза течения заболевания. Несмотря на увеличение числа доступных методов медицинской визуализации сердца и при-

легающих структур, ЭхоКГ – лидирующая методика, применяемая как в научных исследованиях, так и в скрининговой диагностике патологии ССС [6]. ЭхоКГ обладает всеми необходимыми возможностями для своевременной диагностики БСК, обеспечивая своевременной информацией о морфологических и функциональных изменений сердца, что имеет решающее значение для диагностики, выбора тактики терапии и принятии экспертных решений [7]. ЭхоКГ является неинвазивной методикой. В настоящее время широкое распространение получили портативные УЗ-аппараты, позволяющие проводить исследования на производстве.

Одной из ведущих промышленных отраслей, в которой работники подвергаются воздействию вредных производственных факторов в ПК, является металлургия. Проведенные ранее исследования показали, что заболеваемость БСК у работников металлургических предприятий сохраняется на высоком уровне. Установлено, что наиболее значимое воздействие на ССС оказывают микроклимат, общая вибрация, физические перегрузки, а также химические вещества в воздухе рабочей зоны (ВРЗ). Сочетанное воздействие производственных факторов на организм работника оказывает наиболее неблагоприятное влияние [8]. Более 30 % рабочих мест на металлургических предприятиях РФ не соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям.

Цель исследования – проанализировать эхокардиографические показатели у работников металлургического производства, экспонированных вредными производственными факторами.

Материалы и методы. Группу наблюдения составили 160 работников основного производства (средний возраст – 47,3 ± 7,1 года, средний стаж работы – 16,8 ± 5,6 года). Группа сравнения включала 48 работников без экспозиции вредными производственными факторами (средний возраст 50,2 ± 11,1 года, средний стаж работы – 13,6 ± 9,3 года). Группы были сопоставимы по полу (все мужчины), возрасту и стажу.

Группа наблюдения была разделена на подгруппы в зависимости от воздействующих производственных факторов. Группа наблюдения 1 включала 58 работников (средний возраст – 48,8 ± 11,4 года, средний стаж – 14,6 ± 9,9 года); группа наблюдения 2 – 60 работников (средний возраст 46,6 ± 8,9 года, средний стаж – 13 ± 5,5 года); группа наблюдения 3 – 42 работника (средний возраст – 48,8 ± 11,4 года, средний стаж – 10,7 ± 4,8 года).

Комплекс производственных факторов во всех подгруппах представлен химическим фактором (хлор, гидрохлорид, сера и ее соединения), карналлитовой пылью и физическим фактором (шум) – итоговый класс условий труда (КУТ) 3.1–3.2. В группе наблюдения 1 дополнительный фактор физические перегрузки – КУТ 3.1–3.2; в группе 2 – ионизирующее излучение – КУТ 3.1–3.3; в группе 3 – напряженность труда – КУТ 3.1–3.2.

ЭхоКГ проводилось с измерением структурных и доплерографических параметров сердца по общепринятой методике [9] на ультразвуковом сканере экспертного класса Vivid iq с использованием секторного фазированного датчика (1,5–3,5 МГц). Оценивали морфометрические характеристики сердца и магистральных сосудов в M-, B-, PW-, CW-режимах и режиме цветового доплеровского картирования. Оценивали конечно-систолический (КСР), конечно-диастолический (КДР) размеры и объемы (КСО, КДО) левого желудочка (ЛЖ); пиковые линейные скорости кровотока (ЛСК) на митральном клапане (МК), трикуспидаль-

ном клапане (ТК), клапане легочной артерии (ЛА); толщину задней стенки ЛЖ (ТЗС ЛЖ) и межжелудочковой перегородки (ТМЖП), массу миокарда ЛЖ (ММЛЖ), индекс массы миокарда ЛЖ (ИММЛЖ), фракцию выброса (ФВ), ударный объем ЛЖ (УО ЛЖ). Определяли систолическое давление в легочной артерии (СДЛА) по пиковой скорости трикуспидальной регургитации. В режиме тканевого доплера оценивали систолический пик (Sm), ранний (Em) и поздний (Am) диастолические пики и их соотношение. В режиме тканевого доплера проводилось измерение времени изоволюмического расслабления (IVRT), изоволюмического сокращения (IVCT), времени изгнания (ET). Миокардиальный индекс (MPI), отражающий глобальную дисфункцию миокарда, вычислялся по формуле MPI = (IVRT + IVCT) / ET.

Исследование выполнено в соответствии с правилами ICHGCP, с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации (редакция 2013 г.), с Национальным стандартом РФ ГОСТ-Р 52379-2005[1] в соответствии с Планом основных мероприятий ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» на 2022 г. Процедуры и методики исследований рассмотрены и одобрены комитетом по биомедицинской этике Учреждения с обязательным получением информированного добровольного согласия (протокол заседания № 21 от 13.02.2020).

Результаты. У работников основного производства, экспонированных вредными производственными факторами, были выявлены отклонения ряда показателей, характеризующих метаболические нарушения и являющиеся маркерами риска развития БСК.

АГ сопровождается функциональными и морфологическими изменениями сердца (гипертрофия миокарда ЛЖ, дилатация левого предсердия (ЛП), моделирование аорты) [10, 11].

Сравнительный анализ результатов ЭхоКГ показал, что значения КДО и КСО были статистически значимо больше у работников группы наблюдения 1 ($p = 0,04$ и $p = 0,006$ соответственно), а ФВ была достоверно ниже ($p = 0,04$). Отмечено статистически значимое увеличение у работников всех групп наблюдения диаметра восходящего отдела аорты ($p = 0,01–0,05$); у работников группы наблюдения 1 – диаметра корня аорты ($p = 0,04$), диаметра фиброзного кольца АК ($p = 0,002$) (таблица).

Исследование с применением тканевого доплера показало статистически значимое увеличение IVCT (82,5 (73; 87) и 73 (66; 80) мс соответственно, $p = 0,025$) и IVRT (83 (76; 90) против 73 (66; 83) мс, $p = 0,025$) в группе наблюдения 1 относительно группы сравнения. Во всех группах наблюдения выявлена тенденция к уменьшению амплитуды пика раннего диастолического наполнения (8,5 (7; 11) против 10 (8; 11) см/с соответственно, $p = 0,08$). Необходимо отметить, что медиана пика раннего диастолического наполнения была ниже нормы.

Выводы. Комплекс вредных производственных факторов металлургического производства вызывает функциональные и морфологические изменения аорты (увеличение диаметра восходящего отдела аорты: 31 (30; 35), 32 (28; 33), 31 (28; 33) и 28 (26; 30) соответственно, $p \leq 0,05$).

[1] Надлежащая клиническая практика (ICH E6 GCP)

Сравнительный анализ показателей ЭхоКГ работников групп наблюдения и группы сравнения

Показатели	Норма	Группа наблюдения 1, $n = 15$	Группа наблюдения 2, $n = 15$	Группа наблюдения 3, $n = 13$	Группа сравнения, $n = 41$	p^1	p^2	p^3
		Me (25 %; 75 %)						
Толщина межжелудочковой перегородки, мм	≤ 9 (ж); ≤ 10 (м)	9 (8; 10)	9 (8; 11)	9 (8; 10)	9 (8; 10)	0,56	0,46	0,87
Толщина задней стенки ЛЖ, мм	≤ 9 (ж); ≤ 10 (м)	9 (9; 10)	9 (8; 11)	9 (7; 11)	9 (8; 10)	0,67	0,47	0,88
Конечный систолический объем ЛЖ, мл	≤ 49 (ж) ≤ 58 (м)	46 (32; 54)	33 (25; 42)	33 (27; 39)	31 (24; 36)	**0,01**	0,81	0,92
Конечный диастолический объем ЛЖ, мл	≤ 104 (ж) ≤ 155 (м)	104 (90; 126)	95 (66; 110)	82 (73; 99)	89 (74; 105)	**0,04**	0,87	0,37
ИММЛЖ, г/м^2	≤ 95 (ж) ≤ 115 (м)	79,0 (63,6; 98,6)	80,9 (59,2; 87,7)	60,8 (48; 75,9)	72,5 (61,9; 86,6)	0,34	0,33	0,09
Фракция выброса, %	≥ 60	60 (55; 65)	60 (57; 67)	63 (58; 67)	64 (59; 70)	**0,04**	0,22	0,55
Переднезадний размер ЛП, мм	≤ 38 (ж) ≤ 40 (м)	35 (30; 37)	33 (27; 37)	29,5 (28; 35,5)	32,5 (29; 36,5)	0,51	0,91	0,31
Систолическое давление в ЛА, мм рт. ст.	≤ 30	16,5 (8; 22,5)	10 (9; 19)	15 (10,5; 17,5)	12,5 (8; 21)	0,78	0,86	0,79
Максимальный градиент в легочной артерии, мм рт. ст.	≤ 11	2,76 (1,96; 3,61)	2,88 (2,64; 3,27)	2,82 (2,7; 3,5)	2,75 (2,35; 3,27)	0,98	0,45	0,34
Максимальный градиент на МК, мм рт. ст.	≤ 7	1,65 (1,32; 2,34)	2,04 (1,32; 2,25)	2 (1,84; 2,24)	1,97 (1,69; 2,55)	0,13	0,34	0,97
Максимальный градиент на ТК, мм рт. ст.	≤ 2	1,14 (1,0; 1,36)	1,06 (0,89; 1,2)	1,2 (1,05; 1,38)	1,14 (0,97; 1,3)	0,98	0,52	0,56
Максимальный градиент на АК, мм рт. ст.	< 12	4,4 (3,4; 5,1)	4,3 (3,77; 5,44)	4,95 (4,1; 6,38)	5,1 (4,1; 5,9)	0,12	0,23	0,69
Диаметр корня аорты, мм	≤ 36 (ж) ≤ 40 (м)	30 (25; 31)	31 (27; 35)	31 (30; 32)	29 (27; 32)	**0,04**	0,42	0,25
Диаметр восходящего отдела аорты, мм	≤ 35 (ж) ≤ 38 (м)	31 (30; 35)	32 (28; 33)	31 (28; 33)	28 (26; 30)	**0,01**	**0,05**	**0,05**
Открытие АК в систолу, мм	> 14	20,5 (18; 21)	19 (18; 21)	20,5 (17; 21,5)	18 (17; 20)	**0,03**	0,30	0,29
Диаметр ФК АК, мм	≤ 27 (ж) ≤ 32 (м)	20 (19; 22)	19 (17; 22)	19 (17; 20)	18 (17; 19)	**0,002**	0,32	0,84
Диастолический диаметр ПЖ, мм	< 30	36,5 (32; 38)	36 (34; 38)	36 (33; 38)	35 (37; 39)	0,56	0,48	0,40
Поперечный размер ПП, мм	< 40	35,5 (32; 39)	35 (33; 37)	33 (31; 37,5)	35 (32; 38)	0,47	0,89	0,60

Примечание: p^1 – сравнение группы наблюдение 1 и группы сравнения; p^2 – сравнение группы наблюдения 2 и группы сравнения; p^3 – сравнение группы наблюдения 3 и группы сравнения.

У работников основных производств при дополнительном воздействии физических перегрузок наблюдается изменения аорты и сердца (в группе наблюдения 1 установлены увеличение объемов ЛЖ, диаметров корня аорты, ФК аорталь-

ного клапана и восходящей аорты, снижение ФВ относительно данных работников группы сравнения).

Повышение значений IVRT и IVCT, а также тенденцию к снижению пика раннего диастолического наполнения следует рассматривать как ранние маркеры нарушения систолической и диастолической функции ЛЖ у работников группы наблюдения.

Полученные данные свидетельствуют о целесообразности использования ЭхоКГ при скрининговых обследование работников металлургической промышленности с целью раннего выявления БСК.

Список литературы

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. – 256 с.

2. Лукьянов М.М., Андреенко Е.Ю., Окшина Е.Ю. Сравнительный анализ возрастных характеристики больных с артериальной гипертонией и ишемической болезнью сердца с учетом фактора сочетанных сердечно-сосудистых заболеваний (данные регистра реквваза-клиника) // Профилактическая медицина. – 2018. – Т. 21, № 2-2. – С. 15.

3. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае в 2021 году: Государственный доклад. – Пермь: Управление Роспотребнадзора по Пермскому краю, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае», 2022. – 240 с.

4. Власова Е.М., Горбушина О.Ю., Воробьева А.А. Риск сердечно-сосудистых осложнений у работников промышленных предприятий // Кардиологический вестник. – 2023. – Т. 18, № 2-2. – С. 200–201. EDN: YZYTDP

5. Телкова И.Л. профессиональные особенности труда и сердечно-сосудистые заболевания: риск развития и проблемы профилактики. Клинико-эпидемиологический анализ // Сибирский медицинский журнал (г. Томск). – 2012. – Т. 27, № 1. – С. 17–26.

6. 2019 ACC/AHA/ASE Key Data Elements and Definitions for Transthoracic Echocardiography: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Data Standards (Writing Committee to Develop Clinical Data Standards for Transthoracic Echocardiography) and the American Society of Echocardiography / P.S. Douglas, B.A. Carabello, R.M. Lang [et al.] // Circulation: Cardiovascular Imaging. – 2019. – № 12. – P. e000027. DOI: 10.1161/HCI.0000000000000027

7. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC / P. Ponikowski, A.A. Voors, S.D. Anker [et al.] // Eur.Heart J. – 2016. – Vol. 37 (27). – P. 2129–2200. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw128

8. Marginal structural models in occupational epi-132demiology: application in a study of ischemic heart disease incidence and PM2.5 in the US aluminum industry / A.M. Neophytou, S. Costello, D.M. Brown, S. Picciotto, E.M. Noth, S.K. Hammond, M.R. Cullen, E.A. Eisen // Am J Epidemiol. – 2014. – Vol. 180 (6). – P. 608–615. DOI: 10.1093/aje/kwu175

9. Рыбакова М.К., Алехин М.Н., Митьков В.В. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Эхокардиография. – М.: Издательский дом Видар-М, 2008. – 544 с.

10. Залаева А.Б., Шакиров А.А. Показатели эхокардиографического исследования у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких и кардиоваскулярной патологией // Медицина и здравоохранение: материалы VII Междунар. науч. конф. (г. Краснодар, январь 2019 г.). – Краснодар: Новация, 2019. – С. 1–11.

11. Ховаева Я.Б. Морфофункциональное состояние аорты у лиц с разным уровнем артериального давления // Сибирский научный медицинский журнал. – 2003. – № 2. – С. 64–66.

Методологические подходы к прогнозированию нарушения здоровья работников вредных производств с позиции профессиональных рисков

С.А. Жижила, А.А. Исмаилова, А.А. Мусина, А.М. Текебаева, Р.К. Сулейменова

НАО «Медицинский университет Астана»,
г. Астана, Республика Казахстан

Представлена оценка профессионального риска с учетом экспозиции неблагоприятных факторов производственной среды и состояния здоровья трудящихся. Определено прогнозирование риска развития производственно обусловленных и профессиональных заболеваний с целью дальнейшей разработки комплекса управленческих решений по оптимизации труда и сохранению трудового долголетия работников вредных производств.

Ключевые слова: здоровье, гигиена, медицина труда, профессиональная заболеваемость, риски, дозовые нагрузки, вредные факторы производства.

Обеспечение права работника на труд без риска потери здоровья является приоритетным направлением государственной политики многих стран мира. Здоровье работающего населения – это стратегический потенциал, фактор национальной безопасности, стабильности и благополучия общества.

Согласно современной концепции ВОЗ по медицине труда, работа и здоровье, работа и болезни находятся в сложных взаимосвязях. Профессиональные болезни находятся как бы на одном полюсе спектра взаимосвязей здоровья и работы, где зависимость их от специфических причинных факторов полностью установлена, а сами факторы могут быть идентифицированы, измерены и в конечном счете взяты под контроль. На другом полюсе зависимость болезней от условий работы может быть слабой, непостоянной, неясной. В средней части спектра возможная причинная зависимость существует, но ее сила и значимость могут быть различными.

В оценке профессионального риска большое значение имеет анализ факторов, оказывающих влияние на развитие нарушений здоровья работников. Поэтому физические, химические и биологические вредные производственные факторы, если их воздействие превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) и предельно допустимые уровни (ПДУ), рассматривают как причинные факторы профзаболеваний [1–3].

Учитывая социально-экономические аспекты профессионального здоровья трудящихся, в мире прослеживается реализация процедур оценки риска через новые организационно-правовые формы. Так, в Евросоюзе с 1996 г. действует «Руководство по оценке риска на работе», утвержденное V Генеральным директором по труду и социальным вопросам[1]. Службы медицины и охраны труда США, Англии и других стран провели национальную дискуссию по проблеме риска. По санитарному законодательству оценку риска проводят не только по смертности, но и по любым существенным нарушениям здоровья [4, 5].

С позиции медицины труда достаточно разработанными для прогнозирования риска ущербу здоровья можно считать методологию и принципиальные подходы к оценке разных аспектов профессионального риска по условиям труда работающих, разработанные в НИИ медицины труда РАМН [6, 7].

В основе оценки профессиональных рисков лежат отечественные принципы и критерии гигиенического нормирования условий труда по классам вредности и опасности, тяжести и напряженности трудовых процессов.

Прогнозирование риска нарушения здоровья и вероятности риска развития профессиональных заболеваний строятся с помощью математических моделей, основанных на использовании вероятностных характеристик нарушения здоровья от частоты воздействия неблагоприятных факторов производственной среды.

Оценка прогнозирования риска развития заболеваний органов дыхания. При высоких концентраций пылегазовых аэрозолей на рабочих местах, следует проводить расчет дозовой нагрузки пыли или газов для прогнозирования риска развития заболевания пылевой патологии по формуле:

$$R = 38{,}2\ X_1 + 26{,}1\ X_2 + 17{,}5\ X_3 + 5{,}5\ X_4\ K,$$

где X_1 – возраст работающего, лет;

X_2 – общий стаж его работы, лет;

X_3 – стаж работы в контакте с вредными аэрозолями, лет;

X_4 – содержание аэрозолей в воздухе рабочей зоны (ССК), мг·м^3;

K – коэффициент, учитывающий тяжесть труда, и связанный с этим объем легочной вентиляции.

Значение пылевые экспозиционные дозы (ПЭД) или фактор риска X_4 зависит от концентрации аэрозолей в воздухе рабочих мест и длительности их воздействия – экспозиции.

Расчет ПЭД (в мг·м$^{-3}$·год) проводят по формуле:

$$\text{ПЭД} = \text{С}\cdot\text{Т},$$

где С – среднесменная концентрация аэрозолей (X_4), мг/м^3;

Т – анализируемый период времени (X_3), лет.

[1] Campaign Summary, European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA), 2008.

Помимо расчета интегрального показателя *R*, рекомендован также расчет предельных ПЭД. При этом значения персональных ПЭД работающих не должны превышать значений предельных ПЭД.

Предельная пылевая экспозиционная доза (ППЭД) соответствует расчетному риску заболевания *R* на уровне 5 % общем стаже работы в контакте с пылью 30 лет.

Оценка прогнозирования риска развития заболеваний органов слуха. Степень выраженности нарушений зависит от параметров шума, его интенсивности, спектрального состава, стажа работы в условиях воздействия шума, длительности его действия в течение рабочего дня и индивидуальной чувствительности организма.

Для оценки риска нарушения вестибулярного аппарата необходимо проводить расчет дозовой сменой и стажевой нагрузки шума при работе оборудования.

Уровень шумовой нагрузки за период выполнения технологической операции определяют по формуле:

$$Д = \sum_{i=i}^{n} (pi2\ ti),$$

где *pi* – звуковые давления, соответствующие уровням звука *Li*;

ti – интервал времени действия шума с уровнем *Li*;

n – общее число интервалов времени действия шума.

Уровень стажевой дозы шума проводят по формуле:

$$L_{дт} = L_{дмп} + 10\lg (T/T_о),$$

где $L_{дмп}$ – эквивалентный (по энергии) корректированный по частоте уровень фактора за год, дБА;

T – стаж работы в профессии, лет;

$T_о$ – стаж работы один год.

Оценка риска нарушения слуха проводится в соответствии с ИСО 1999-75 «Акустика. Определение профессионального воздействия шума и оценка нарушения слуха, вызванного шумом» (табл. 1).

Таблица 1

Вероятность нарушения слуха, %

Возраст, лет	Стаж работы, лет											
	10			20			30			40		
	Степени снижения слуха											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
$LA_{ЭКВ}$ = 90 дБ (А)												
30	12	0	0									
40	22	0	0	25	0	0						
50	33	0	0	35	3	0	37	3	0			
60	44	6	0	46	9	0	48	0	0			
$LA_{ЭКВ}$ = 100 дБ (А)												
30	39	17	0									
40	47	25	5	62	32	6						
50	50	28	7	62	36	15	68	41	20			
60	60	37	19	71	44	25	76	48	30	82	53	33

Оценка прогнозирования риска развития заболеваний, связанных с воздействием вибрации. К основным факторам риска развития вибрационной патологии относятся: длительный стаж работы в виброопасной профессии (10–15 лет), высокие уровни вибрации, наличие сопутствующих неблагоприятных факторов производственной среды и трудового процесса (статическая нагрузка, охлаждающий микроклимат, вынужденная поза и др.).

К медико-биологическим факторам риска относят: начало работы в возрасте до 20 лет и старше 45 лет, клинически значимый остеохондроз шейного и поясничного отделов позвоночника, астенический синдром, вегетативную лабильность, обморожение или травмы.

Для оценки риска развития профессиональных заболеваний, связанных с воздействием вибрации, необходимо учитывать дозовые сменные и стажевые нагрузки.

Относительная доза вибрации представляет отношение фактической дозы к допустимой и служит показателем вибрационной нагрузки за любой период стажа:

$$D_{в} = \frac{D_{ф}}{D_{доп}}.$$

Вибрационные нагрузки на рабочих в процессе стажа, как правило, непостоянны из-за изменения профессии, места работы, технологии, организации труда, перерывов работы, т. е. изменения ежесменных доз и количества смен за год.

Стажевая относительная доза вибрации служит показателем вибрационной нагрузки за любой период стажа, и определяется формулой:

$$D = d \cdot N \cdot T,$$

где d – относительная доза вибрации;

N – количество рабочих смен за год с ежедневной постоянной дозой d;

T – стаж работы (лет) в условиях вибрационного воздействия с постоянным значением дозы d и количества смен в году.

Допустимая стажевая доза ($Д_{в\ доп}$), исходя из допустимой сменной дозы ($Д_{в\ доп} = 1$), среднего количества рабочих смен в календарном году (250) за период работы (T лет), равный 40 годам, теоретически составляет:

$$D_{в\ доп} = 1 \cdot 250 \cdot 40 = 10\ 000.$$

Допустимый стаж работы в условиях воздействия виброакустических факторов рассчитывается по формуле:

$$T = 10\ 000/d \cdot N,$$

где d – относительная ежесменная за период стажа;

N – количество рабочих смен в году;

T – безопасный стаж.

Прогноз нарушения здоровья от воздействия вибрации проводится в соответствие ИСО-5349 «Вибрация. Действие вибрации и риск развития вибрационной болезни» и представлена в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Оценка вероятности нарушения здоровья от действия общей вибрации

Эквивалентное корректированное ускорения, м/с ^{2}	Риск нарушения здоровья от действия общей вибрации %, при стаже, лет		Класс условий труда
	10	20	
≤ 1,0 (ПДУ)	–	–	2-й, допустимый
0,22	0,08	0,13	3.1 (вредный 1-й ст.)
0,45	0,3	0,4	3.2 (вредный 2-й ст.)
0,9	1,0	1,8	3.3 (вредный 3-й ст.)
1,8	5,0	7,0	4-й, опасный

Таблица 4

Оценка вероятности нарушения здоровья от действия локальной вибрации

Эквивалентное корректированное ускорения, м/с ^{2}	Риск нарушения здоровья от действия локальной вибрации %, при стаже, лет		Класс условий труда
	10	20	
	Признаки побеления пальцев	Признаки побеления пальцев	
≤ 2,0 (ПДУ)	8,7	34,8	2-й, допустимый
2,8	17,4	> 50	3.1 (вредный 1-й степени)
4,0	34,7	> 50	3.2 (вредный 2-й степени)
5,6	> 68	> 50	3.3 (вредный 3-й степени)
8,0	> 50	> 50	4-й, опасный

Использование результатов аттестации рабочих мест по условиям труда и данных периодических медицинских осмотров позволяет провести расчет дозовых сменных и стажевых нагрузок вредных факторов производств с целью прогнозирования риска развития профессиональных заболеваний и своевременного внедрения медико-профилактических мер, направленных на раннюю диагностику и реабилитацию.

Выводы. Многокомпонентность производственной среды диктует необходимость комплексного подхода к ее оценке, поиску причинно-следственной зависимости риска влияния дозозависимых производственных факторов на состояние работоспособности и здоровья трудящихся.

Оценка риска является процессом установления связи экспозиции с эффектами, анализа и интерпретации данных по неблагоприятным факторам производственной среды. Важнейшими элементами безопасности труда и сохранения здоровья трудящихся являются: необходимость осуществлять оценку непосредственных рисков, после идентификации риска необходимо решать вопрос о возможности его устранения, избегать рисков и вести борьбу с их первопричинами.

Применение методики оценки профессионального риска рассматривается в качестве основополагающего механизма при обосновании, разработке и выборе очередности внедрения управленческих решений, направленных на минимизацию риска, сохранение здоровья работающего населения и оптимизацию условий труда, что особенно актуально для промышленных градообразующих комплексов.

Список литературы

1. Измеров Н.Ф., Денисов Э.И., Морозова Т.В. Охрана здоровья работников: гармонизация, терминология, законодательства и практики с международными стандартами // Медицина труда и промышленная экология. – 2012. – № 8. – С. 1–6.
2. Научно-методологические подходы к оценке управления здоровьем работающего населения Казахстана / И.А. Аманжол, А.А. Исмаилова, А.У. Аманбекова [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2012. – № 7. – С. 1–5.
3. Актуальные вопросы улучшения условий труда и сохранения здоровья работников горнорудных предприятий / И.В. Бухтияров, А.Г. Чеботарев, Н.Н. Курьеров, О.В. Сокур // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – № 59 (7). – С. 16–21.
4. European Commission. Guidance on Risk Assessment at Work. – Health and Safety: Office for Official Publications of the European Communities, 1996. – 87 p.
5. American Industrial Hygiene Association White Paper on Risk Assessment and Risk Management. – AIHA, 1997. – P. 311–313.
6. Criteria and Methods for Preparing Emergency Exposure Guidance Level (EEGL), Short-Term Public Emergency Guidance Level (SPEGL), and Continuous Exposure Guidance Level (CEGL) Documents. – Washington, 1996. – Vol. 2. – 69 p.
7. Р. 2.2.1766-03. Профессиональный риск для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки / под ред. Н.Ф Измерова, Э.И.Денисова. – Москва, Тровант, 2003. – 448 с.

Регистрация изменения состояния про- и антиоксидантной систем в эритроцитах крови профессиональных водителей автотранспорта г. Нижнего Новгорода

А.М. Иркаева, Л.В. Полякова, В.В. Чугунова, Е.С. Жукова, М.А. Позднякова

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора,
г. Нижний Новгород, Россия

В современном мире автомобильный транспорт играет ключевую роль в жизнеобеспечении населения. Однако в последние годы интенсивные транспортные потоки вносят существенный вклад в загрязнение крупных городов, оказывая негативное воздействие на здоровье людей. В мегаполисах индикаторной группой, отражающей сочетанное влияние неблагоприятных факторов, выступают профессиональные водители, поскольку их трудовая деятельность связана с длительным пребыванием на дорогах. В патогенез большинства заболеваний данного контингента вовлечен оксидативный стресс. В связи с этим необходимо проводить мониторинг окислительного метаболизма с целью выявления критических точек,

что послужит в дальнейшем для разработки профилактических мероприятий для предупреждения, как профессионально обусловленных заболеваний, так и социально значимых.

Ключевые слова: профессиональные водители автотранспорта, ТБК-активные продукты, супероксиддисмутаза, каталаза.

В настоящее время в крупных городах в силу стремительного развития транспортных коммуникаций отмечается повышенный риск преждевременной смертности населения и рост респираторных, сердечно-сосудистых, онкологических и метаболических заболеваний, обусловленные воздействием загрязняющих веществ, связанных с дорожным движением [1].

Выбросы выхлопных газов состоят из сложной смеси химических веществ, вариабельность которой определяется следующими факторами: источниками, типами топлива, эффективностью сгорания, плотностью дорожного полотна, длительностью пребывания автомобильных средств на дорогах, метеорологическими условиями. К наиболее опасным транспортным поллютантам для организма человека относят летучие органические соединения, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), тяжелые металлы и мелкодисперсные ($PM_{2.5}$: диаметр $< 2{,}5$ мкм) и ультрадисперсные ($PM_{0.1}$: диаметр < 100 нм) твердые частицы (ТЧ). Более того, часть данных загрязнителей обладает прооксидантыми, мутагенными и канцерогенными свойствами, что неблагоприятно воздействует на живые системы. К примеру, для ПАУ характерна биотрансформация в реактивные метаболиты, что приводит к образованию активных форм кислорода (АФК) в организме, которые в избыточном количестве способны индуцировать перекисное окисление липидов и белков и истощение эндогенных антиоксидантов. В результате усиленная активация свободнорадикальных процессов и угнетение антиоксидантной системы защиты может спровоцировать развитие окислительного стресса, ведущего к системному сбою биохимических и физиологических механизмов [2].

Известно, что супероксиддисмутаза (СОД) и каталаза относятся к основным ферментам внутриклеточной антиоксидантной защиты, направленных на нейтрализацию супероксидного анион-радикала и перекиси водорода, которые участвуют в пероксидации липидов, повреждении клеточных мембран, воспалении. К тому же, супероксидный анион является предшественником преимущественно сильного оксиданта – гидроксильного радикала (•OH), который является более реакционноспособной и устойчивой молекулой [3].

На сегодняшний день в ряде исследований показаны молекулярные модели влияния ТЧ на организм человека. В работе M. Miller et al. (2012) описан механизм воздействия мелкодисперсных частиц окружающего воздуха ($PM_{2.5}$) на сердечно-сосудистую систему, который опосредуется тремя путями: 1) частицы вызывают воспалительную реакцию в легких, приводя к высвобождению цитокинов и других медиаторов, которые далее попадают в системный кровоток; 2) частицы могут перемещаться через стенку альвеолы и напрямую взаимодействовать с сердечно-сосудистой системой; 3) частицы могут активировать вегетативную нервную систему через сенсорные рецепторы на поверхности альвеол. В результате происходит продукция и накопление свободных радикалов, один из которых, к примеру, супероксид анион (O^{2-}) может вступить в реакцию с оксидом азота (NO) и привести к образованию пероксинитрита ($ONOO^{-}$), являющегося антагонистом многих полезных функций NO, таких как расширение сосудов, ингибирование

тромбоцитов, подавление воспаления и ингибирование пролиферации гладкомышечных клеток [4].

P. Haberzettl et al. (2016) в своем исследовании продемонстрировали, как ТЧ ($PM_{2.5}$) увеличивают риск развития сахарного диабета 2-го типа и сердечно-сосудистых заболеваний. Согласно разработанной ими модели, ТЧ, осажденные в легких, генерируют АФК, которые впоследствии приводят к нарушению сосудистой передачи сигналов инсулина путем ослабления стимулируемого инсулином фосфорилирования протеинкиназы B (Akt2) и эндотелиальной синтазы оксида азота (eNOS) в кровеносных сосудах [5].

Таким образом, хорошо прослеживается роль окислительного стресса в развитии вышеперечисленных патологических состояний, спровоцированных атмосферными экотоксикантами транспорта. Поэтому важно проводить мониторинг окислительного метаболизма и активности ферментативного звена антиоксидантной системы защиты у групп людей, проживающих и работающих в крупных городах с плотными потоками дорожного движения, для преждевременного выявления и предотвращения возникновения заболеваний. Водители составляют индикаторную группу, наиболее отражающую системное воздействие неблагоприятных факторов, причинами возникновения которых являются транспорт и автомагистрали. Кроме того, с возрастом для данной когорты характерно более раннее возникновение патологических состояний по сравнению с общей популяцией людей, жизнедеятельность которых не отягощается таким сильным влиянием негативных агентов среды. В соответствии с исследованием А.С. Башкирёвой (2017), между обследованными, водителями грузового транспорта и низкоквалифицированными рабочими ГУП ПЭО «Татэнерго», последние из которых составили контрольную группу, было зафиксировано значительное ухудшение адаптивных реакций на субмаксимальную нагрузку со стороны сердечно-сосудистой системы, низкий уровень показателей умственной и физической работоспособности, существенное увеличение биологического возраста и темпов старения у 40–49-летних водителей грузового автотранспорта со стажем работы 15–19 лет. В связи с этим важно осуществлять постоянную регистрацию состояния здоровья этой профессиональной группы, чтобы предупредить развитие заболеваний и не допустить их перехода в хроническую форму [6].

Цель исследования – оценка изменения состояния про- и антиоксидантной систем в эритроцитах крови водителей городского автотранспорта.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования выбраны водители автомобильного транспорта АО «Нижегородский водоканал» (г. Нижний Новгород) ($n = 84$). Все обследованные лица представляли взрослое мужское население, среди которых часть имела пристрастие к курению, что было зафиксировано согласно проведенному анкетированию. Забор биоматериала осуществлялся в период с сентября по октябрь 2022 г. в утреннее время натощак.

Участники исследования проходили углубленный медицинский осмотр на базе ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора. Все обследуемые предоставили письменное добровольное информированное согласие на участие и обработку данных. Работа была одобрена локальным этическим комитетом института.

Для установления изменения состояния про- и антиоксидантного статуса в зависимости от возраста и стажированности обследуемые были разделены на сле-

дующие группы, отраженные в табл. 1. Возрастное разделение проводили согласно работе В.А. Гурова [7].

Таблица 1

Характеристика изучаемой выборки

Группа водителей	*n*	Возраст, лет	Стаж, лет
22–35 лет, малостажированные	18	32 [27; 33]	4 [1; 4]
36–42 лет, малостажированные	19	40 [39; 42]	4 [4; 5]
36–42 лет, с большим стажем	8	39 [38; 41]	12 [11; 15]
43–49 лет, малостажированные	27	46 [45; 48]	3 [2; 4]
43–49 лет, с большим стажем	12	47 [47; 48]	14 [12; 14]

Примечание: данные представлены в виде *Me* – медианы и 25 %,75 %-го процентилей.

Определение показателей, характеризующих окислительную напряженность и ферментативную активность, проводили в эритроцитах периферической крови спектрофотометрически. Содержание вторичных продуктов перекисного окисления липидов определяли по тесту с тиобарбитуровой кислотой (ТБК) – ТБК-активные продукты (ТБК-АП). Активность СОД определяли по степени ингибирования скорости восстановления нитросинего тетразолия в присутствии феназинметасульфата и никотинамидадениндинуклеотида (НАДН); активность каталазы – по изменению оптической плотности в области поглощения пероксида водорода [8].

Статистический анализ проводили с использованием однофакторного множественного дисперсионного анализа (ANOVA) по рангам, критерия Краскела – Уоллиса и критерия Данна, при распределении данных отличном от нормального по тесту Шапиро – Уилка. Для парного сравнения групп данных использовали *U*-критерий Манна – Уитни. Данные представлены в виде *Me* – медианы и 25 %, 75 %-процентилей.

Результаты. В ходе исследования среди водителей с малым стажем было установлено статистически значимое повышение уровня ТБК-АП в возрасте 43–49 лет (табл. 2), что свидетельствует об усилении процессов перекисного окисления липидов в эритроцитах крови.

Таблица 2

Биомаркеры про- и антиоксидантного состояния в эритроцитах крови водителей автотранспорта г. Нижнего Новгорода

Группа водителей	*n*	ТБК-АП, мкМ	Активность СОД, ед.акт./г Hb	Активность каталазы, ед.акт./г Hb
22–35 лет, малостажированные	18	30,0 [26,9; 34,9]	15,5 [12,2; 33,3]	24,7 [15,2; 44,7]
36–42 лет, малостажированные	19	31,5 [27,7; 46,4]	24,0 [15,7; 40,7]	26,6 [21,2; 39,2]
36–42 лет, с большим стажем	8	33,1 [28,5; 39,5]	18,0 [7,3; 29,8]	21,7 [14,5; 29,6]
43–49 лет, малостажированные	27	33,9 [30,8; 40,5]*	26,6 [16,0; 40,0]	40,7 [28,7; 68,0]#, ^, &
43–49 лет, с большим стажем	12	34,2 [29,6; 37,6]	13,4 [9,4; 31,8]	45,0 [29,8; 59,6]

Примечание: * $p = 0{,}049$ значимые различия относительно малостажированных водителей в возрасте 22–35 лет по критерию Данна; # $p = 0{,}043$ значимые различия по сравнению с группой трудящихся с малым стажем в возрасте 22–35 лет, ^$p = 0{,}019$ по сравнению с группой трудящихся с малым стажем в возрасте 36–42 лет, & $p = 0{,}004$ сравнению с группой трудящихся с большим стажем в возрасте 36–42 лет по *U*-критерию Манна – Уитни; данные представлены в виде *Me* – медианы и 25 %,75 %-процентилей.

Статистически значимых изменений в активности СОД эритроцитов периферической крови между исследуемыми группами не удалось обнаружить. Это может быть связано как с отсутствием участия супероксидного анион-радикала [3] в патогенезе нарушений, провоцирующихся неблагоприятными факторами, связанных с интенсивным автомобильным движением, так и индивидуальным генетическим разнообразием обследуемых [9] и их неоднородного пристрастия к курению [10].

Было выявлено достоверное повышение в 1,8 раза эритроцитарной каталазы у малостажированных водителей в возрасте 43–49 лет, по сравнению с группами работающих, находящихся в более молодых возрастных периодах (табл. 2). Эти данные свидетельствуют об активации генерации пероксидов в крови, которые могут происходить под воздействием загрязняющих веществ, связанных с дорожным движением, и приводить к негативным изменениям у 40–49-летних водителей, описанных в работе [6].

При анализе изменения состояния про- и антиоксидантного статуса у водителей в зависимости от стажа не обнаружено статистически значимых различий между группами.

Мониторинг окислительного метаболизма профессиональных водителей автотранспорта показал, что в возрастной период 43–49 лет, особенно у людей относительно недавно перешедших в эту профессию, происходит усиление свободнорадикальных процессов в эритроцитах крови. Избыточная продукция АФК, повреждение мембран эритроцитов и запуск их программируемой гибели – эриптоза, может приводить, за счет увеличения концентрации цитозольного Ca^{2+} и активации p38-киназы посредством фосфорилирования, к развитию окислительного стресса [11] и, впоследствии, к гомеостатическим срывам в организме [12]. Выявленный уязвимый возрастной период (43–49 лет) и характер биохимических нарушений в крови у профессиональных водителей нужно учитывать при разработке новых методов профилактики профессионально обусловленных и социально значимых заболеваний.

Выводы. Таким образом, установлена усиленная продукция вторичных метаболитов перекисного окисления липидов, в частности ТБК-АП, и повышенная концентрация каталазы у водителей автотранспорта в возрастном периоде 43–49 лет. Эти данные рекомендуется учитывать при разработке методов профилактики заболеваний среди групп населения, подверженных негативному влиянию интенсивного автомобильного движения крупных городов.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственной темы «Актуальные проблемы снижения риска для здоровья отдельных групп населения в крупных городах, обусловленного интенсивным автомобильным движением» (рег. № НИОКТР АААА-А16-116051110222-4).

Список литературы

1. Багирова А.Э. Исследование влияния загрязнения атмосферного воздуха на состояние здоровья населения // Устойчивое развитие науки и образования. – 2018. – № 11. – С. 269–276.

2. Linking mobile source-PAHs and biological effects in traffic police officers and drivers in Rawalpindi (Pakistan) / A. Kamal, A. Cincinelli, T. Martellini [et al.] // Ecotoxicol Environ Saf. – 2016. – Vol. 127. – P. 135–143. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2016.01.006

3. Карбышев М.С., Абдуллаев Ш.П. Биохимия оксидативного стресса: учебно-методическое пособие / ФГБОУ ВО РНИМУ Н.И. Пирогова Минздрава России. – М.: Издательство XX, 2018. – 60 с.

4. Miller M.R., Shaw C.A., Langrish J.P. From particles to patients: oxidative stress and the cardiovascular effects of air pollution // Future Cardiol. – 2012. – Vol. 8, № 4. – P. 577–602. DOI: 10.2217/fca.12.43

5. Exposure to Fine Particulate Air Pollution Causes Vascular Insulin Resistance by Inducing Pulmonary Oxidative Stress / P. Haberzettl, T.E. O'Toole, A. Bhatnagar [et al.] // Environ Health Perspect. – 2016. – Vol. 124, № 12. – P. 1830–1839. DOI: 10.1289/EHP212

6. Башкирёва А.С. Концептуальные основы управления профессиональными рисками ускоренного старения на примере водителей автотранспорта // Многопрофильная клиника XXI века. Инновации в медицине – 2017: материалы международного научного конгресса, Санкт-Петербург, 15–17 июня 2017 года / Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий; Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова. – СПб.: Центр научно-информационных технологий «Астерион», 2017. – С. 58–60.

7. Гуров В.А. Хронобиология. Возрастная периодизация [Электронный ресурс] // Universum: Химия и биология: электрон. научн. журн. – 2018. – № 4 (46). – URL: http://7universum.com/ru/nature/archive/item/5703 (дата обращения: 28.08.2023).

8. Арутюнян А.В., Дубинина Е.Е., Зыбина Н.Н. Методы оценки свободнорадикального окисления и антиоксидантной системы организма: методические рекомендации / под ред. члена-корреспондента РАМН, профессора, д.м.н. В.Х. Хавинсона. – СПб.: ИКФ «Фолиант», 2000. – 104 с.

9. Ассоциация ферментативной активности супероксиддисмутазы и каталазы человека с полиморфными вариантами генов *SOD2* и *CAT* / Е.А. Трофимова, Л.В. Полякова, Е.С. Жукова [и др.] // Биосистемы: организация, поведение, управление: Тезисы докладов 76-й Всероссийской с международным участием школы конференции молодых ученых (Н. Новгород, 11–14 апреля 2023 г.). – Н. Новгород: Университет Лобачевского, 2023. – С. 312.

10. Yildiz L., Kayaoğlu N., Aksoy H. The Changes of Superoxide Dismutase, Catalase and Glutathione Peroxidase Activities in Erythrocytes of Active and Passive Smokers // Clin Chem Lab Med. – 2002. – Vol. 40, № 6. – P. 612–615. DOI: 10.1515/CCLM.2002.106

11. Эритроциты и окислительный стресс (обзор литературы) / А.А. Хадарцев, Э.М. Наумова, Б.Г. Валентинов, Р.В. Грачев // Вестник новых медицинских технологий. – 2022. – Т. 29, № 1. – С. 93–100.

12. Молекулярные механизмы окислительного стресса при старении / О.В. Кальдинова, И.А. Десятиркина, Г.А. Срослова [и др.] // Природные системы и ресурсы. – 2018. – Т. 8, № 2. – С. 61–64.

Прогностические критерии определения снижения минеральной плотности костной ткани у рабочих виброопасных профессий

К.В. Климкина, И.В. Лапко

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана», Роспотребнадзора,
г. Мытищи, Россия

Работа с вибрационными инструментами обусловливает развитие нарушения минеральной плотности костной ткани (МПКТ) у рабочих горнорудной промышленности, являясь основным пусковым фактором развития остеопоретических изменений, формируя предпосылки для низкоэнергетических переломов и в последующем инвалидизации. На сегодняшний день необходим поиск новых методов диагностики изменения минеральной плотности ткани и доступности исследовательских методов широким массам.

С целью поиска математических прогностических критериев определения снижения минеральной плотности костной ткани у рабочих виброопасных профессий было обследовано 152 мужчины горнодобывающей промышленности и 34 мужчины, не подвергающихся фактору производственной вибрации. Была разработана прогностическая математическая модель определения минеральной плотности костной ткани на основании Т-критериев рентгеновской денситометрии большеберцовой кости, позвоночного столба.

Полученная математическая модель обладает хорошей прогностической специфичностью и чувствительностью. Согласно результатам ROC-анализа чувствительность и специфичность для Т-критерия большеберцовой кости составляет 72 и 65 %. Для Т-критерия поясничного отдела позвоночника чувствительность и специфичность составила 72 и 67 %.

Ключевые слова: вибрационная болезнь, минеральная плотность костной ткани, денситометрия, ROC-анализ, остеопенический синдром.

Работа с вибрационными инструментами распространена во многих отраслях промышленности, таких как механические и авторемонтные мастерские, строительство, литейное и лесное хозяйство [1]. Поэтому на сегодняшний день в государственной политике актуальным является сохранение здоровья и охрана трудоспособного населения, которое подвергается воздействию вибрационных производственных факторов [2].

Длительное воздействие вибрационных производственных факторов сопровождается нарушением минеральной плотности костной ткани (МПКТ), которое обусловливает изменение структуры костной структуры и является фактором риска развития низкоэнергетических переломов. Диагностика остеопороза опирается на количественную оценку МПКТ, архитектоники костной ткани, которая является основным фактором, определяющим прочность костей. Клиническое значение нарушения МПКТ заключается в трабекулярных изменениях цитоархитектоники костной ткани, которые являются фактором риска развития остеопении, остеопороза и в последующем, низкоэнергетических переломах [3]. Диагностика остеопороза с помощью измерения МПКТ одновременно является оценкой фактора риска и клинического исхода имеющегося перелома. Типичными локализациями низкоэнерге-

тических переломов являются проксимальный отдел бедренной кости, тела позвоночного столба, проксимальный отдел лучевой кости и лодыжки [4].

На сегодняшний день продолжается поиск новых методов оценки риска переломов, возможность доступности денситометрии и рутинность применения индекса FRAX. Актуальным является внедрение дополнительных диагностических критериев для сокращения существующего разрыва в терапии остеопороза [5, 6]. На территории Российской Федерации по статистическим данным около 75–90 % пациентов не получают фармакологического вмешательства для вторичной профилактики остеопороза, а уровень диагностики остеопороза составляет около 25 % случаев [7].

Цель исследования – поиск математических прогностических критериев для определения изменения МПКТ у рабочих виброопасных профессий.

Материалы и методы. Проведено обследование 152 мужчины, работающих на предприятиях горнодобывающей промышленности и находящихся в результате производственного фактора в постоянном или периодическом контакте с вибрацией, превышающей предельно допустимые уровни на 3–9 дБ. Средний возраст мужчин, подвергающихся воздействию общей вибрации, составил 46,4 ± 7,2 (39–51 год) года. Зарегистрированный официальный трудовой стаж в контакте с вредными производственными факторами составил 20,2 ± 8,7 (11–20 лет) года. У 75 рабочих (49,3 %) была диагностирована вибрационная болезнь I степени, у 68 (44,8 %) – вибрационная болезнь II степени.

В группу контроля вошли 24 мужчины (средний возраст 46,1 ± 5,7 (41–52) года), трудовая деятельность которых не взаимосвязана с воздействием вибрации, но проживающих в том же регионе, в котором живут участники фокус-группы.

Всем мужчинам с диагностической целью и оценки МПКТ выполнялась рентгеновская денситометрия большеберцовой кости и позвоночного столба на аппарате STRATOS DMS (DMS Group, Франция) и ультразвуковая денситометрия лучевой и большеберцовой кости на аппарате Omnisense 7000S (BeamMed Ltd., Израиль).

Статистическая обработка выполнялась статистической программой SPSS 22. Было выполнено построение моделей однофакторной и многофакторной логистической регрессии. В математическую модель были включены Т-критерии рентгеновской денситометрии большеберцовой кости, позвоночного столба и ультразвуковая денситометрия лучевой и большеберцовой кости. Был проведен ROC-анализ.

Результаты. В обследованной когорте мужчин в результате проведенной рентгеновской денситометрии было зарегистрировано снижение МПКТ у 134 (88,1 %) рабочих, из них 78 (51,3 %) человек подвергались воздействию общей и локальной вибрации, и 75 (49,3 %) мужчин подвергались воздействию только общей вибрации. Остеопения на основании результатов денситометрии была зарегистрирована у 116 (76,3 %) рабочих, остеопороз – у 54 (35,5 %) мужчин.

Частота выявления снижения МПКТ в результате проведенного ультразвукового денситометрического исследования регистрировалась у 48 рабочих (31,6 %) на лучевой кости, у 53 мужчин (34,8 %) – в поясничном отделе позвоночника и у 41 (26,9 %) – в большеберцовой кости. Среднее значение Z-критерия в исследуемой когорте мужчин составила 0,25 ± 0,14 (0,19–0,32), среднее значение Т-критерия – 0,2 ± 0,6 (0,2–0,8).

При проведении анализа были выявлены корреляционные показатели МПКТ по данным рентгеновской и ультразвуковой остеоденситометрии. Показатель ультразвуковой денситометрии Т-критерий прямо коррелировал с показателями рентгеновской денситометрии с Т-критерием 0,43, Z-критерием 0,35 и BMC 0,37. Показатель ультразвуковой денситометрии Z-критерий был прямо взаимосвязан с показателями рентгеновской денситометрии с Т-критерием 0,38, Z-критерием 0,31 и BMC 0,33. Показатель ультразвуковой денситометрии SOS прямо коррелировал с показателями рентгеновской денситометрии с Т-критерием 0,41, Z-критерием 0,32 и BMC 0,40. Показатель ультразвуковой денситометрии BUA прямо коррелировал с показателями рентгеновской денситометрии с Т-критерием 0,39, Z-критерием 0,35 и BMC 0,28. Показатель ультразвуковой денситометрии ИП прямо коррелировал с показателями рентгеновской денситометрии с Т-критерием 0,40, Z-критерием 0,38 и BMC 0,32.

В исследуемой когорте мужчин с вибрационной болезнью было зарегистрировано снижение МПКТ как на основании результатов рентгеновской денситометрии, так и на основании ультразвуковой: у 121 рабочего (79 %) и у 115 рабочих (75,7 %), испытывающих действие комбинированной вибрации.

При обследовании 37 водителей автотранспорта остеопения была зарегистрирована в 52,7 % случаев, остеопороз – в 43,6 %, и в 3,7 % были зафиксированы нормальные показатели МПКТ.

В исследовании мужчин водителей в возрастной когорте до 40 лет было зарегистрировано 29 % случаев низкой МПКТ. В возрастной группе 40 лет частота низкой МПКТ составила 43,8 %, что было статистически значимо ($p = 0,05$). Также в данной возрастной группе остеопения регистрировалась в 87,7 % случаев, а остеопороз составил 12,3 %.

На основании полученных результатов была предложена математическая модель оценки наличия изменения МПКТ. У всех полученных Т-критериев была выявлена статистически значимая корреляция на наличие изменения МПКТ, изменения трабекулярной структуры костной ткани по результатам денситометрического исследования. Наибольшее повышение уровня правильной классификации было зафиксировано у Т-критерия большеберцовой кости (от -1,3 до -2,4 SD), Т-критерия поясничного отдела позвоночника (от -1,1 до -2,6 SD) и Т-критерия лучевой кости (от -1,7 до -2,8 SD). Для исследованных показателей индексы R^2 Найджелкерка составили 0,03–0,27, при проверке согласия Хосмера – Лемешева была зарегистрирована статистическая значимость более 0,05 для Т-критерия большеберцовой кости, поясничного отдела позвоночника и лучевой кости. Для Т-критерия поясничного отдела позвоночника проверка согласия Хосмера – Лемешева выявила статистическую значимость 0,019. Была предложена многофакторная логистическая регрессионная модель, включающая Т-критерии остеопороза, в результате которой было получено уравнение с двумя статистически значимыми независимыми переменными: Т-критерий большеберцовой кости и поясничного отдела позвоночника.

В математическую модель были включены Т-критерии большеберцовой кости и поясничного отдела позвоночника, в то время как Т-критерий лучевой кости из модели был исключен. Для многофакторной модели доля правильной классификации составила 68,9 %, зарегистрированный статистический коэффициент R^2 Найджелкерка – 0,27. Критерий Хосмера – Лемешева выявил статистическую значи-

мость 0,22, характеризующую полученную математическую модель как достоверно описывающую фактические данные.

На рисунке представлен проведенный ROC-анализ с двумя статистически значимыми независимыми переменными: Т-критерем большеберцовой кости и поясничного отдела позвоночника и прогностическая вероятность на основе многофакторной логистической модели (рисунок). Переменная результата проверки Т-критерия большеберцовой кости площади под кривой (AUC) составила 0,697, стандартная ошибка – 0,039, при статистической значимости $p = 0{,}0001$, ДИ 95 % (0,622–0,785). Переменная результата проверки Т-критерия поясничного отдела позвоночника площади под кривой (AUC) составила 0,768, стандартная ошибка – 0,036, при статистической значимости $p = 0{,}0001$, ДИ 95 % (0,647–0,817). Предсказанная вероятность площади под кривой (AUC) составила 0,831, стандартная ошибка – 0,041, при статистической значимости $p = 0{,}0001$, ДИ 95 % (0,754–0,897).

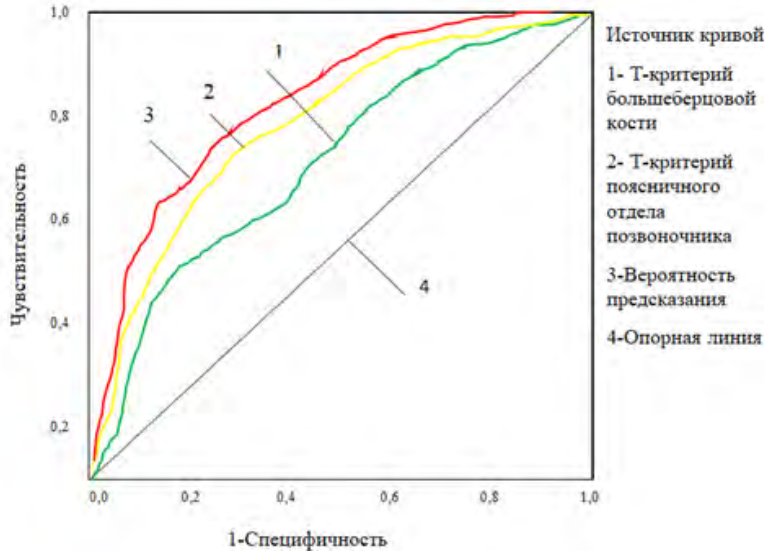


Рис. Полученные ROC-кривые для Т-критериев большеберцовой кости и поясничного отдела позвоночника

В результате проведенного регрессионного анализа хорошая прогностическая способность в определении нарушения МПКТ была зарегистрирована для Т-критерия поясничного отдела позвоночника (AUC = 0,768), средняя – для Т-критерия большеберцовой кости (AUC = 0,697). Включение в логистическую модель двух Т-критериев позволило получить AUC = 0,831, что выявляет качественные характеристики полученной двухфакторной модели. Согласно матрице ROC-анализа, эффективность рекомендованного значения для Т-критерия большеберцовой кости в отношении остеопороза составляет 4,5 с чувствительностью 72 % и специфичностью 65 %. Для Т-критерия поясничного отдела позвоночника эффективность рекомендованного значения составила 15,5 с чувствительностью 72 % и специфичностью 67 %.

Выводы. Результаты проведенного исследования демонстрируют необходимость скринингового применения рентгеновской денситометрии у рабочих с вибрационной болезнью для ранней диагностики снижения МПКТ с целью диагностики остеопении и ранней коррекции остеопенического синдрома, профилактики низкоэнергетических переломов.

В зависимости от вида диагностического метода остеоденситометрии регистрируемая частота снижения МПКТ составила 24,8–87,6 %. При обследовании, как на основании результатов рентгеновской денситометрии, так и на основании ультразвуковой, частота выявления сниженной МПКТ составила 79 %. При выполнении ультразвуковой денситометрии регистрировалось статистически значимо меньшее число случаев снижения МПКТ, чем при рентгеновской денситометрии. Были выявлены слабые прямые корреляционные взаимосвязи между показателями рентгеновской денситометрии и показателями ультразвуковой.

Полученные результаты позволяют предположить, что сохраняется актуальность поиска новых прогностических и диагностических критериев изменения МПКТ у рабочих виброопасных профессий.

Список литературы

1. Азовскова Т.А., Вакурова Н.В., Лаврентьева Н.Е. О нарушениях метаболизма костной ткани у водителей большегрузных машин // Современные технологии в медицинском образовании: междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию Белорус. гос. мед. ун-та. − Минск, 2021. – С. 1545–1548.

2. Бухтияров И.В. Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 9. – С. 527–532.

3. Вербовой А.Ф., Пашенцева А.В., Шаронова Л.А. Остеопороз: современное состояние проблемы // Терапевтический архив. − 2017. − № 5. − С. 90–97.

4. Кирьяков В.А., Цветкова М.А. Оценка остеопоротических изменений костной ткани у лиц виброопасных профессий в зависимости от климатогеографических особенностей // Медицина труда и промышленная экология. – 2009. – № 12. – С. 15–18.

5. Сухова А.В., Крючкова Е.Н. Изменения метаболизма костной ткани, ассоциированные с воздействием производственной вибрации // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 9. – С. 766–767.

6. Толстова А.В. Особенности изменений структуры костной ткани от воздействия локальной вибрации. Возможности применения микрофокусной рентгенографии // Профессия и здоровье. – 2016. – С. 125–127.

7. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад. − М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. − 256 с.

К развитию информационно-справочных систем профилактики распространения инфекционных болезней для безопасной организации трудовых процессов

К.П. Лужецкий[1,2]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Минздрава России,
г. Пермь, Россия

Развитие информационных технологий, создание информационно-аналитических и справочно-консультационных систем, являются ключевыми задачами Роспотребнадзора на современном этапе. Создан электронный «Справочник технологий и инструментов профилактики распространения инфекционных болезней с учетом особенностей организации трудового процесса на предприятиях различных отраслей экономической деятельности». Заинтересованные пользователи получили доступ к адресным, согласованным с общероссийским классификатором видов экономической деятельности, обязательным к исполнению нормативно-правовым документам (санитарным правилам и нормам (СанПиН), санитарным правилам (СП), федеральным законам, постановлениям правительства Российской Федерации, приказам Минздрава России, решениям Комиссии Таможенного союза, техническим регламентам Таможенного союза, во исполнение которых разработаны СанПиН и СП, а также к индивидуально настроенному пакету технологий и инструментов профилактики распространения инфекционных болезней на основе рекомендованных Роспотребнадзором методических материалов (руководств, методических указаний, методических рекомендаций, методических указаний по методам контроля, временных порядков действий, информационных писем).

Ключевые слова: справочник, информационные технологии, профилактика распространения инфекционных болезней, Санитарные правила и нормы (СанПиН), методические рекомендации.

Важная роль в решении поставленных перед Роспотребнадзором задач принадлежит современным информационным технологиям, информационно-аналитическим и справочно-консультационным системам [1–13]. Вместе с тем в настоящий момент отсутствует единая система хранения, систематизации и таргетирования основных требований нормативно-правовой базы санитарного законодательства для безопасной организации трудовых процессов, в том числе в условиях распространения инфекционных болезней.

Цель исследования – разработать и внедрить справочник технологий и инструментов профилактики распространения инфекционных болезней с учетом особенностей организации трудового процесса на предприятиях различных отраслей экономической деятельности.

Материалы и методы. Основой для разработки электронного справочника (далее – Справочник) явились актуальные на текущий момент документы, регламентирующие механизмы безопасной организации трудовых процессов на предприятиях и в организациях в условиях распространения инфекционных болезней.

Использована информационная база данных в форматах *.xlsx и *.docx, содержащая систематизированные и параметризированные требования санитарных правил и норм (СанПиН) и санитарных правил (СП) (9 единиц).

Идентифицированы нормативно-правовые акты (федеральные законы, постановления правительства Российской Федерации, приказы Минздрава России, решения Комиссии Таможенного союза, технические регламенты Таможенного Союза – 70 единиц), выполнение которых обеспечивает безопасную организацию трудовых процессов на предприятиях и в организациях в условиях распространения инфекционных болезней, а также во исполнение которых разработаны СанПиН и СП.

Для обеспечения выполнения санитарно-эпидемиологических положений СанПиН 3.3686-21 Роспотребнадзором разработаны актуальные методические рекомендации (МР), разъясняющие практические механизмы реализации требований документа и содержащие технологии и инструменты профилактики распространения инфекционных болезней. При разработке справочника использованы следующие методические материалы: руководства, методические указания (МУК), МР, МУК по методам контроля, Временный порядок действий, информационные письма, актуальность которых согласована с данными справочно-правовой системы «Кодекс» (236 единиц).

Электронный Справочник реализован на платформе DRUPAL – это система управления содержимым (CMS), применяемая как каркас для веб-приложений (CMF), написанная на языке PHP и использующая в качестве хранилища данных реляционную базу данных (поддерживаются MySQL, PostgreSQL и др.). Интерфейс справочника представляет собой электронные таблицы, организованные в иерархической структуре посредством модуля Entity reference hierarchy платформы DRUPAL. На верхнем уровне располагаются нормативные документы с возможностью детализации до уровня статей и подразделов с помощью модуля View Tree.

Всего загружено 1292 файла с технологиями и инструментами, отражено 11 556 статей и пунктов нормативных документов, 2568 статей и пунктов документов технологий профилактики (всего 2,7 ГБ информации).

Результаты. Справочник адресован широкому кругу лиц (это руководители и специалисты на объектах медицинского и биологического профиля, медицинские работники, администрация и управляющий персонал предприятий, службы охраны труда организации, работники предприятий и другие заинтересованные граждане). Для формирования содержательной части Справочника обязательные к исполнению нормативно-правовые акты и рекомендательные документы подвергнуты идентификации и структурированию. Выполнена фрагментация обязательных требований, ее целевое сопряжение с существующими технологиями и инструментами профилактики для подготовки индивидуальных рекомендаций, установлены коды общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД), на которые распространяются требования положений СанПиН и СП.

Справочник имеет внутреннюю сеть взаимосвязей, что позволяет пользователю проследить связь между «Требованиями санитарного законодательства» и «Технологиями и инструментами» в обе стороны. На физическом уровне базы данных платформы взаимосвязи реализованы как ссылки (атрибуты с уникальным идентификатором одного поля сущности) на другую сущность (в данном контексте – электронную таблицу).

Поиск информации реализован в виде фильтра по справочникам системы (таких как ОКВЭД, «Тип нормативного документа», «Тип объекта надзора» и т.д.),

а также содержанию текста статей нормативных документов при помощи использования словарей таксономии. Для каждого нормативного документа предоставлена возможность просмотра глоссария, содержащего расшифровки сокращений и аббревиатур данного документа.

Пользователю предоставляется возможность сформировать индивидуально настроенный пакет информации, касающийся требований санитарного законодательства (в соответствии с ОКВЭД), а также медико-профилактических технологий и инструментов по их реализации. В поддержку рекомендованным технологиям в информационном разделе сайта размещены фото-, видео-, аудиоматериалы профилактической направленности.

Для внедрения Справочник размещен на веб-портале «Консультативно-экспертная поддержка и информационное сопровождение обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия в организациях и предприятиях» («ВЕБ-КЭП») и доступен в сети Интернет по адресу: http://82.179.117.189.

Портал консультационно-экспертной поддержки «ВЕБ-КЭП» ориентирован на информационное сопровождение обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия в организациях и предприятиях с учетом особенностей различных отраслей экономической деятельности. Портал предназначен для руководителей различного уровня и сотрудников предприятий и организаций всех отраслей экономической деятельности.

Доступ к интернет-порталу осуществляется с использованием личного кабинета, в котором содержатся сведения, привязанные к авторизованному пользователю системы: полное наименование пользователя (юридического лица или индивидуального предпринимателя); сокращенное наименование; код основного вида деятельности (по классификатору ОКВЭД) с расшифровкой; юридический адрес; контакты.

Система авторизации предназначена для идентификации пользователей на портале с целью формирования индивидуально настроенного пакета информации, касающегося требований санитарного законодательства, медико-профилактических технологий и инструментов их реализации, фото-, видео-, аудиоматериалов профилактической направленности и т.д. (на основание ОКВЭД). Вход на портал «ВЕБ-КЭП» может осуществляться любым пользователем (без авторизации), при этом будут отсутствовать адресные целевые рекомендации, а функционал Справочника будет заметно сокращен (отображение таблиц с наложением лишь ряда основных фильтров).

Общий алгоритм работы со Справочником заключается в автоматизации запросов к базе данных с ориентиром на виды деятельности, осуществляемые хозяйствующим субъектом и задаваемые в личном кабинете.

При работе с электронным справочником пользователю доступен просмотр разделов и поиск информации в блоках: 1. Справочник основных требований санитарного законодательства (система выдает перечень обязательных требований, привязанных к ОКВЭД пользователя, и имеющиеся технологии и инструменты для их реализации). 2. Справочник технологий и инструментов (будут предложены имеющиеся технологии и инструменты, связанные с СанПин и СП). 3. Справочник нормативно-правовых актов (отражаются имеющиеся связанные с санитарными требованиями нормативно-правовые акты). 4. Глоссарий (рис. 1).

После завершения поиска документов с требованиями СанПиН или СП, а также существующих технологий и инструментов профилактики пользователю Справочника предоставляется возможность сохранения и распечатки полученной информации, редактируемой в формате *.docx (рис. 2).

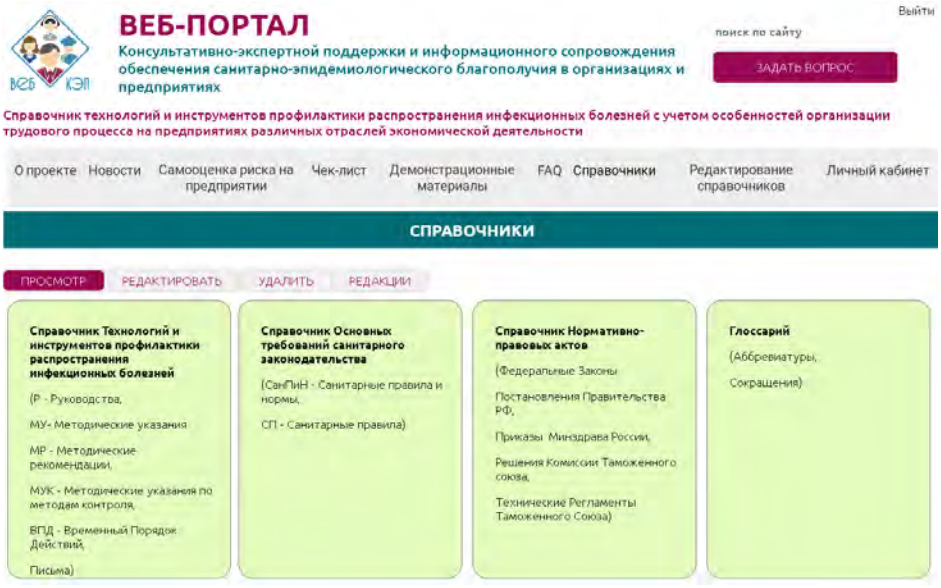
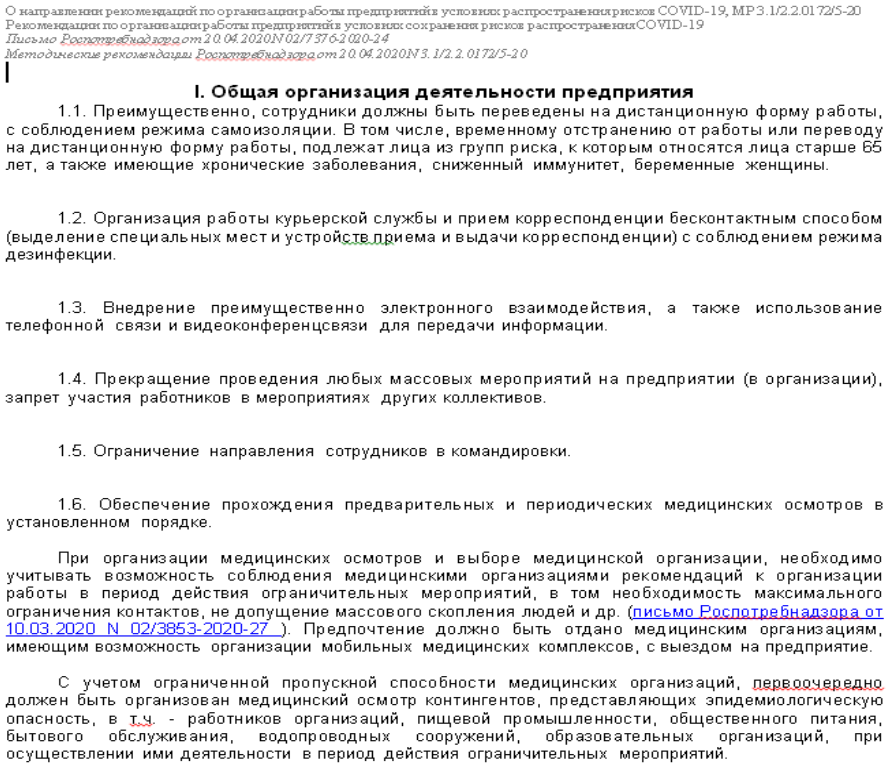


Рис. 1. Разделы электронного Справочника


О направлении рекомендаций по организации работы предприятий в условиях распространения рисков COVID-19, МР 3.1/2.2.0172/5-20
Рекомендации по организации работы предприятий в условиях сохранения рисков распространения COVID-19
Письмо Роспотребнадзора от 20.04.2020 N 02/7376-2020-24
Методические рекомендации Роспотребнадзора от 20.04.2020 N 3.1/2.2.0172/5-20

I. Общая организация деятельности предприятия

1.1. Преимущественно, сотрудники должны быть переведены на дистанционную форму работы, с соблюдением режима самоизоляции. В том числе, временному отстранению от работы или переводу на дистанционную форму работы, подлежат лица из групп риска, к которым относятся лица старше 65 лет, а также имеющие хронические заболевания, сниженный иммунитет, беременные женщины.

1.2. Организация работы курьерской службы и прием корреспонденции бесконтактным способом (выделение специальных мест и устройств приема и выдачи корреспонденции) с соблюдением режима дезинфекции.

1.3. Внедрение преимущественно электронного взаимодействия, а также использование телефонной связи и видеоконференцсвязи для передачи информации.

1.4. Прекращение проведения любых массовых мероприятий на предприятии (в организации), запрет участия работников в мероприятиях других коллективов.

1.5. Ограничение направления сотрудников в командировки.

1.6. Обеспечение прохождения предварительных и периодических медицинских осмотров в установленном порядке.

При организации медицинских осмотров и выборе медицинской организации, необходимо учитывать возможность соблюдения медицинскими организациями рекомендаций к организации работы в период действия ограничительных мероприятий, в том необходимость максимального ограничения контактов, не допущение массового скопления людей и др. (письмо Роспотребнадзора от 10.03.2020 N 02/3853-2020-27). Предпочтение должно быть отдано медицинским организациям, имеющим возможность организации мобильных медицинских комплексов, с выездом на предприятие.

С учетом ограниченной пропускной способности медицинских организаций, первоочередно должен быть организован медицинский осмотр контингентов, представляющих эпидемиологическую опасность, в т.ч. - работников организаций, пищевой промышленности, общественного питания, бытового обслуживания, водопроводных сооружений, образовательных организаций, при осуществлении ими деятельности в период действия ограничительных мероприятий.

Рис. 2. Пример отображения индивидуальных рекомендаций на основе ОКВЭД пользователя

Таким образом, развитие современных информационных технологий хранения и систематизации основных требований санитарного законодательства, аккумулирующих актуальные технологии и инструменты профилактики, являются действенным механизмом безопасной организации трудовых процессов на предприятиях и в организациях в условиях распространения инфекционных болезней.

Выводы. Создание, внедрение в практику и развитие информационной платформы Роспотребнадзора (интернет-портал «ВЕБ-КЭП», электронный «Справочник технологий и инструментов профилактики распространения инфекционных болезней»), регламентирующей весь официальный информационный поток, предлагающей пользователям удобный «интуитивный» интерфейс, включающей возможность получения полной, достоверной, изложенной в доступной форме и адресной информации с учетом особенностей организации трудового процесса на предприятиях различных отраслей экономической деятельности, повышают эффективность проводимых профилактических мероприятий.

Список литературы

1. Санитарно-эпидемиологический надзор: новый этап развития в условиях цифровизации и правовых изменений / Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов, С.В. Бабина, М.Р. Камалтдинов // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 2. – С. 4–16.

2. Использование современных информационных технологий в программе снижения избыточной массы тела: результаты пилотного исследования / Б.Э. Горный, А.М. Калинина, М.С. Куликова, С.С. Войлова, М.В. Ярмолко, О.Ю. Кутумова, О.М. Драпкина // Профилактическая медицина. – 2022. – Т. 25, № 4. – С. 35–40.

3. Лужецкий К.П., Устинова О.Ю., Палагина Л.Н. Структурно-динамический анализ эндокринной патологии у детей, проживающих в условиях воздействия химических техногенных факторов среды обитания (на примере Пермского края) // Здоровье населения и среда обитания. – 2013. – Т. 11, № 28. – С. 32–35.

4. Берёзкина И.А., Приземина И.Н., Зелинский С.С. Роль информатизации и цифровизации системы здравоохранения в эффективности управления и оказания медицинской помощи // Социальная работа: современные проблемы и технологии. – 2020. – № 1. – С. 22–30.

5. Зубарев С.М. Цифровизация государственного управления: новая административная реформа // Административное право и процесс. – 2020. – № 7. – С. 62–66.

6. Цифровое здравоохранение. Необходимость и предпосылки / О.Э. Карпов, С.А. Субботин, Д.В. Шишканов, М.Н. Замятин // Врач и информационные технологии. – 2017. – № 3. – С. 6–22.

7. Манкибаев Б.С. Основные направления внедрения искусственного интеллекта в медицине // Наука, образование и культура. – 2019. – № 3 (37). – С. 69–71.

8. Поряева Е.П., Евстафьева В.А. Искусственный интеллект в медицине // Вестник науки и образования. – 2019. – № 6-2 (60). – С. 15–18.

9. Тихомирова А.А. Цифровая медицина: перспективы российского здравоохранения // Детская медицина Северо-Запада. – 2018. – № 7 (1). – С. 317–318.

10. Эльянов М.М. Медицинские информационные технологии. Каталог. Вып. 20. – М.: CapitalPress, 2020. – 280 с.

11. Савинов Т.Х. Совершенствование управления сферой здравоохранения: на примере информатизации Московской и Саратовской областей // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2017. – № 7 (1). – С. 63–76.

12. Гришанова Н.В., Гайнов В.С., Красильников М.С. Совершенствование информационно-справочного сопровождения специалистов военного здравоохранения по вопросам организации обеспечения медицинским имуществом // Известия Российской военно-медицинской академии. – 2019. – Т. 38, № 1. – С. 110–114.

13. Дриго А.Е., Дякина К.В., Желткевич О.В. Формирование единой информационно-функциональной системы оказания медицинской и лекарственной помощи лицам, инфицированным вирусом иммунодефицита человека // Вестник Росздравнадзора. – 2022. – № 2. – С. 34–42.

Обзор адаптеров для измерения вибрации

О.А. Молок, А.Л. Пономарев

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Одним из факторов, оказывающих вредное влияние на здоровье человека, является вибрация. По способу передачи и источнику вибрация подразделяется на общую и локальную. Для измерения вибрации используют акселерометры или вибропреобразователи. При измерении необходим плотный контакт вибропреобразователя с объектом исследования. Для крепления вибропреобразователя к объекту вибрации используются адаптеры. Одной из задач при проведении исследований вибрации является выбор необходимого адаптера, подходящего и по виду вибрации, и по объекту измерения. Приведен обзор используемых в настоящее время адаптеров.

Ключевые слова: адаптер, вибрация на рабочих местах, вибропреобразователь, акселерометр.

Под вибрацией понимают механические колебания твердых тел. Любой движущийся или вращающийся объект генерирует вибрацию. Вибрация относится к наиболее распространенным и видимым вредным факторам воздействующим на человека в промышленности, на транспорте, в быту; она может оказывать отрицательное влияние на здоровье и работоспособность человека, а в определенных условиях приводить к развитию вибрационной болезни [1].

Колебания, передающиеся телу человека, при превышении допустимых уровней могут оказывать раздражающее или неблагоприятное действие на организм человека. Вибрация малых уровней, наиболее часто встречающаяся в жилых помещениях, вызывает отрицательные психологические реакции у жителей и при продолжительном воздействии приводит к развитию невротических реакций [2, 3].

Для измерения вибрации используются специальные приборы – виброметры. Измерительная система включает в себя один или несколько акселерометров (вибропреобразователей) для снятия сигналов с вибрирующей поверхности. Выбор ак-

селерометра определяется ожидаемым диапазоном амплитуд вибрации, диапазоном частот, физическими характеристиками поверхности, на которую он должен быть установлен, и условиями окружающей среды [4–8]. Акселерометры устанавливают таким образом, чтобы измерять вибрацию в точке контакта тела человека с вибрирующей поверхностью. Если в одной точке измерений располагают несколько акселерометров для измерения вибрации в разных направлениях, эти акселерометры должны быть установлены как можно ближе друг к другу [9, 10].

В настоящее время широкое распространение получили акселерометры пьезоэлектрического типа. Преобразование механических колебаний в электрический сигнал происходит благодаря воздействию инерционный массы на пьезоэлектрический элемент, встроенный в вибропреобразователь. Характеристиками датчика являются: коэффициент преобразования (чувствительность); резонансная частота вибропреобразователя; ширина динамического диапазона; масса и размер. Для усиления сигнала используется предусилитель. Особое внимание следует обращать на надежность установки и крепления акселерометра, а также соединительного кабеля.

Измерительный тракт состоит из адаптера, акселерометра, соединительного кабеля, измерительного устройства. Вибропреобразователь должен быть размещен в точке, где вибрация передается на тело человека.

Рассмотрим вопрос крепления акселерометров к объектам, передающим вибрацию на человека с помощью адаптеров.

По способу передачи на человека вибрация подразделяется на:

- общую, передающуюся через опорные поверхности на тело стоящего, сидящего или лежащего человека;

- локальную, передающуюся через руки человека. Вибрация, передающаяся на ноги сидящего человека, также считается локальной.

В промышленности в связи с использованием ручного инструмента наиболее характерна локальная вибрация, способная вызвать специфическое заболевание, называемое вибрационной болезнью. На транспорте наблюдается воздействие общей и локальной вибрации. Для жилых и общественных зданий преимущественное распространение имеет общая вибрация, ухудшающая условия отдыха человека и эффективность умственного труда.

Адаптеры подбирают в зависимости от вида измеряемой вибрации. Основные виды адаптеров для измерения общей вибрации: платформа напольная, жесткий диск, полужесткий диск, магнитный прижим, адаптер-штырь, адаптер-стержень. Основные виды адаптеров для измерения локальной вибрации: адаптер-рожок, Т-образный адаптер кисти руки, адаптер-планка, адаптер кубик.

Платформа напольная. Представляет собой металлический диск диаметром около 90 мм, высотой около 20 мм с тремя точечными металлическими опорами для установки на вибрирующую поверхность. В центре диска расположено крепежное отверстие для установки вибропреобразователя для снятия вертикальной вибрации по оси *Z*, по осям *Y* и *X* расположены другие крепежные отверстие для установки вибропреобразователей и снятия горизонтальной вибрации. Опорные поверхности в местах расположения крепежных отверстий имеют полированные плоскости. Крепление вибропреобразователя осуществляется с помощью стальной шпильки. Металлические опоры существуют двух видов: заостренные, для установки на упругие поверхности и закругленные, для установки на твердые поверхности.

Жесткий диск. Представляет собой металлический диск диаметром 240–260 мм, высотой 3 мм, на краю которого на расстоянии 18 мм расположено крепежное отверстие для установки вибропреобразователя. Крепление вибропреобразователя осуществляется с помощью стальной шпильки. Предназначен для измерения общей вибрации на жестком плоском сиденье, преимущественно используется для установки 3-координатных преобразователей. Имеется разновидность жесткого диска с дополнительным кубическим элементом с тремя отверстиями в ортогональных направлениях. Может использоваться для измерения вибрации 1-компонентными вибропреобразователями.

Полужесткий диск. Предназначен для измерений общей вибрации на мягком сидении. Диск является установочным адаптером для трехкомпонентных вибропреобразователей при измерениях общей вибрации. Конструктивно представляет собой резиновый диск с прорезью под кабель, в середину которого встроена металлическая чашка для установки вибропреобразователя. Над чашкой расположена резиновая прокладка и крышка чашки. К диску прилагается специальный ключ для снятия крышки чашки, дополнительная пара установочных шурупов, а также монтажная мастика для дополнительной фиксации вибропреобразователя в камере [3].

Магнитный прижим предназначен для крепления к вибрирующей посадочной поверхности измеряемого объекта вибропреобразователей. Прижим состоит из стального металлического основания диаметром 24 мм, толщиной 4,2 мм. С одной стороны которого на оси имеется винтовой выступ высотой 4 мм с резьбой для крепления вибропреобразователя, а с другой стороны по центру оси встроен специальный магнит, создающий замкнутый контур, исключающий влияние обусловленного им магнитного поля на параметры вибропреобразователя. Сила прижима к стальному металлическому виброобъекту составляет не менее 5 кг. Собственная масса 14 г. Собственная частота, закрепленного с помощью магнитного прижима вибропреобразователя к виброобъекту должна быть не ниже 2000 Гц при измерении в полном диапазоне частот локальной вибрации и 200 Гц при измерении в полном диапазоне частот общей вибрации. Диаметр посадочной площадки виброобъекта должен быть не менее 30 мм.

Следующие типы адаптеров используются для измерения общей вибрации на грунте.

Адаптер-штырь предназначен для установки вибропреобразователя на грунт. Представляет собой заостренный железный штырь длиной около 35 см и массой 1,05 кг. В верхней части штыря закреплены три пластины, которые составляют уголок. В каждой пластине есть шпилька для крепления вибропреобразователя. Такая конструкция монтажной площадки позволяет проводить измерения при помощи трехканального вибропреобразователя или с одновременным использованием трех одноканальных вибропреобразователей. Жесткая конструкция монтажной площадки обеспечивает отсутствие резонансов в диапазоне частот измеряемой вибрации. Длина части штыря, находящейся в земле при измерениях, составляет около 30 см, что обеспечивает жесткую механическую связь с грунтом.

Адаптер-стержень предназначен для установки вибропреобразователя на грунт. На практике используют заостренный стержень длиной около 500 мм крестообразного сечения, изготовленный из двух уголков размерами 32×32×4 мм. Заостренная часть стержня имеет длину около 150 мм. Верхняя часть стержня представляет собой пластину размерами приблизительно 60×60×10 мм. После уда-

ления верхнего рыхлого слоя грунта стержень полностью забивают в грунт, после чего грунт в месте установки максимально уплотняют, чтобы была обеспечена его жесткая механическая связь с грунтом. Стержень имеет достаточную жесткость, чтобы не искривляться при забивании. Жесткость стержня обеспечивает отсутствие резонансов в диапазоне частот анализа.

Для измерения вибрации на грунте предпочтительным является адаптер-стержень. Это связано с большей жесткостью адаптера и с увеличенной плоскостью контакта адаптера-стержня с грунтом, по сравнению с адаптером-штырем.

Измерение локальной вибрации проводится только на рабочих местах. Основным источником вибрации является ручной механизированный инструмент.

Адаптер-рожок предназначен для измерения локальной вибрации, воздействующей на человека через руку в месте охвата источника вибрации. Металлический адаптер выполнен в виде изогнутого рычага, который зажимается между двумя пальцами руки и плотно прижимается к контролируемому виброобъекту самой широкой опорной частью. В торцевой части расположены четыре опорные площадки, предназначенные для закрепления в них вибропреобразователя. Опорные площадки выполнены и расположены так, что позволяют снимать вибрацию с направлений осей *X*, *Y*, *Z* [1]. Ось *X* совпадает или параллельна оси места охвата источника вибрации. Ось *Z* лежит в плоскости, образованной осью *X* и направлением подачи или приложением силы, и направлена вдоль оси предплечья. Ось *Y* направлена от ладони. При использовании адаптер-рожка можно пользоваться как 3-компонентными вибропреобразователями, так и 1-компонентными вибропреобразователями. Вибропреобразователи крепятся с помощью резьбовой шпильки М5.

При закреплении вибропреобразователя к опорной площадке адаптер-рожка необходимо следить за требуемой чистотой ее поверхности, не допускать царапин и загрязнений.

Т-образный адаптер кисти руки предназначен для измерений локальной вибрации. Шейка адаптера зажимается между средним и безымянным пальцами оператора. Посадочное место однопозиционное (одно положение установки 3-компонентного вибропреобразователя). Адаптер кисти руки зажимается между пальцами рук и рукояткой вибрирующего инструмента. Может зажиматься не рукой, а стяжками. Вибропреобразователь крепится с помощью резьбовой шпильки М5.

Адаптер-планка предназначен для закрепления на нем вибропреобразователя для измерения локальной вибрации. Он состоит из металлической планки с двумя пазами для установки в них пальцев руки, которые прижимают планку к контролируемому виброобъекту. С внешней стороны пальцы удерживаются специальной резиновой лентой, закрепленной в пазах планки. В торцевой части расположены от трех до четырех опорных площадок, предназначенных для закрепления в них вибропреобразователя пьезоэлектрического виброизмерительного.

Адаптер-кубик предназначен для установки вибропреобразователя на трубчатую поверхность (рукоятки, рулевое управление и пр.). Адаптер крепится к трубе или рукоятке при помощи нейлоновых или металлических стяжек. Применение этого адаптера является предпочтительным по сравнению с использованием других адаптеров, обеспечивая наиболее плотный контакт с источником вибрации.

Вибрация, оказывающая вредное влияние на человека, нормируется, контроль ее соответствия принятым нормам проводится государственными службами санитарного контроля.

Получить достоверные данные невозможно без использования современных средств снятия вибрационных сигналов. Адаптеры для измерения вибрации являются необходимым инструментом получения данных

Для каждой ситуации, связанной с измерением вибрации, необходимо подбирать адаптеры, наиболее полно отвечающие решаемой задаче.

Полный набор адаптеров в лаборатории является не излишеством, а необходимостью.

Список литературы

1. ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования. [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200054032 (дата обращения: 11.09.2023).

2. МУ 2957-84. Методические рекомендации по измерению и гигиенической оценке вибрации в жилых помещениях [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200047163 (дата обращения: 11.09.2023).

3. ГОСТ ИСО 10326-1-2002. Вибрация. Оценка вибрации сидений транспортных средств по результатам лабораторных испытаний. Часть 1. Общие требования [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200050294 (дата обращения: 11.09.2023).

4. ГОСТ 31191.2-2004 (ИСО 2631-2: 2003). Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Вибрация внутри зданий [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200060388 (дата обращения: 11.09.2023).

5. ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1: 2001). Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200060912 (дата обращения: 11.09.2023).

6. ГОСТ 31192.2-2005 (ИСО 5349-2: 2001). Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Требования к проведению измерений на рабочих местах [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200060914 (дата обращения: 11.09.2023).

7. ГОСТ ИСО 5348-2002. Вибрация и удар. Механическое крепление акселерометров [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200054032 (дата обращения: 11.09.2023).

8. ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253: 2003). Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200060918 (дата обращения: 11.09.2023).

9. ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1: 1997). Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования. [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200060904 (дата обращения: 11.09.2023).

10. ГОСТ ИСО 8041-2006. Вибрация. Воздействие вибрации на человека. Средства измерений [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/ 1200060895 (дата обращения: 11.09.2023).

Структура факторов сердечно-сосудистого риска у работников металлургического предприятия

М.Д. Рудой

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора,
г. Нижний Новгород, Россия

По данным периодического медицинского осмотра проанализирована распространенность факторов сердечно-сосудистого риска (ССР) у 234 работников металлургического предприятия, разделенных на подгруппы по особенностям условий труда, и у 40 пациентов группы сравнения.

В группах лиц, работающих с различными вредными производственными факторами, структура ССР имеет сходные черты. Исключение составляет уровень диастолического артериального давления, который был выше у лиц, работающих с производственным шумом. Общий холестерин у работников металлургического предприятия, независимо от особенностей условий труда, превышает указанный показатель у лиц группы сравнения. Среди лиц, работающих во вредных условиях труда, распространенность традиционных факторов ССР (курения, отягощенной наследственности, ожирения) существенно не отличается от таковой в группе сравнения.

Ключевые слова: сердечно-сосудистый риск, вредные производственные факторы.

Болезни системы кровообращения сохраняют лидирующие позиции среди причин заболеваемости и смертности во всем мире. Особо значимы случаи атеросклеротических сердечно-сосудистых заболеваний у мужчин трудоспособного возраста. В некоторых работах описана возможность влияния производственных факторов на частоту развития и тяжесть течения сердечно-сосудистой патологии [1]. В связи с этим актуально изучение структуры сердечно-сосудистого риска (ССР) у работников, контактирующих с различными вредными факторами производственной среды.

Цель исследования – проанализировать распространенность основных факторов сердечно-сосудистого риска у мужчин, работающих на металлургическом предприятии.

Материалы и методы. Обследовано 234 мужчины, работающих на металлургическом предприятии Нижегородской области и проходивших периодический медицинский осмотр (ПМО) на базе поликлиники ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора. По данным специальной оценки условий труда среди обследованных выделено три группы. К 1-й группе отнесены 96 мужчин, работающих в условиях воздействия производственного шума, превышающего предельно допустимый уровень; ко 2-й группе – 85 мужчин, работающих под воздействием производственного шума и промышленных аэрозолей, превышающих допустимые нормативы; к 3-й группе – 53 мужчины, работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей, превышающих предельно допустимую концентрацию.

В качестве группы сравнения выбрано 40 мужчин, работающих на предприятиях пищевой промышленности и водоснабжения г. Нижнего Новгорода и Нижегородской области, для которых уровень всех вредных факторов производ-

ственной среды по данным специальной оценки условий труда не превышал допустимых нормативов.

Всем пациентам проведено комплексное обследование в рамках ПМО, согласно действующему законодательству. Среди факторов ССР проанализированы следующие: возраст, отягощенная наследственность, курение, индекс массы тела (ИМТ) и распространенность ожирения, уровень общего холестерина (ОХС) крови, уровни систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД) на правой верхней конечности пациента. Под отягощенной наследственностью понимали наличие сердечно-сосудистых заболеваний неинфекционного генеза у родственников пациента первой степени родства (родители, дети, родные братья и сестры). К активным курильщикам относили лиц, выкуривающих любое количество сигарет в сутки на момент наблюдения и / или в течение двух лет, предшествующих проведению ПМО. Индекс массы тела рассчитывали по формуле Кетле: ИМТ = масса тела (кг) / (рост ($м^2$)). Ожирение диагностировали по общепринятой классификации при ИМТ $\geq$ 30 $кг/м^2$. Уровень общего холестерина (ОХС) определяли в сыворотке крови, отобранной натощак в первой половине дня, на автоматическом биохимическом анализаторе Konelab 30i (Thermo Clinical Labsystems, Финляндия) с использованием наборов реагентов фирмы ThermoFisherScientificOy (Финляндия). Уровень артериального давления измеряли по стандартной методике в первой половине дня на правой верхней конечности пациента.

Критерием исключения из исследования послужило наличие у пациента в анамнезе диагностированного сердечно-сосудистого заболевания, в том числе артериальной гипертензии и / или сахарного диабета.

Полученные данные обрабатывались статистически при помощи пакета программ Statistica 6.1. Проверка нормальности распределения количественных данных проводилась с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Распределение большинства полученных данных отличалось от нормального, поэтому в таблицах они представлены в виде медианы (*Me*) и квартилей [Q_{25}; Q_{75}]. Для проведения множественного сравнения количественных данных в группах использован метод Краскелла – Уоллиса с последующим попарным сравнением групп с помощью критерия Манна – Уитни. При проведении частотного анализа данные в таблице представлены в виде абсолютной и относительной частот изучаемого признака; при сравнении групп данных использован критерий χ^2 (при абсолютной частоте изучаемых признаков более 10), χ^2 с поправкой Йетса (при абсолютной частоте изучаемого признака менее 10, но более 5) и точный критерий Фишера (при абсолютной частоте изучаемого признака менее 5). Для исследования взаимосвязи между признаками применяли коэффициент корреляции Спирмена. Статистически значимыми различия между группами считали при $p \leq 0{,}01$ (с учетом поправки Шидака на множественность сравнений).

Результаты. Возраст обследованных пациентов находился в диапазоне от 20 до 66 лет и в среднем составлял 39,3 ± 9,4 года. Стаж работы во вредных условиях труда для пациентов 1-й группы составил 16,1 ± 8,7 года, для пациентов 2-й группы – 14,4 ± 8,1 года, для пациентов 3-й группы – 14,4 ± 8,3 года. В группе сравнения средний стаж работы составил 10,2 ± 8,8 года. При этом для лиц, работающих во вредных условиях труда, стаж работы демонстрировал тесную взаимосвязь с возрастом пациентов. Коэффициент корреляции Спирмена составил 0,69 для 1-й группы, 0,67 для 2-й группы и 0,70 для 3-й группы обследованных лиц. Для

пациентов группы сравнения возраст был менее тесно связан со стажем работы, коэффициент корреляции Спирмена составил 0,29.

Распространенность основных факторов ССР в группах пациентов представлена в таблице (таблица).

Основные факторы сердечно-сосудистого риска в группах пациентов

Параметры	1-я группа (96 человек)	2-я группа (85 человек)	3-я группа (53 человека)	Группа сравнения (40 человек)
Возраст, *Me* [Q_{25}; Q_{75}], лет	39 [33; 46,5]	38 [32; 43]	38 [31; 44]	37,5 [31,5; 48,5]
Отягощенная наследственность, *n* (%)	20 (20,8)	10 (11,8)	5 (9,4)	4 (10)
Курение, *n* (%)	49 (51,0)	45 (52,9)	22 (41,5)	21 (52,5)
Индекс массы тела, *Me* [Q_{25}; Q_{75}], кг/м^2	26 [24,4; 28,4]	25,8 [23,1; 27,7]	25,5 [22,9; 28,6]	24,7 [23,4; 27,1]
Распространенность ожирения, *n* (%)	16 (16,7)	9 (10,6)	7 (13,2)	3 (7,5)
Общий холестерин, *Me* [Q_{25}; Q_{75}], ммоль/л	5,05 [4,35; 6,0]	5,1 [4,5; 5,9]	4,95 [4,55; 5,7]	4,2 [3,9; 5,0]
Систолическое давление, *Me* [Q_{25}; Q_{75}], мм рт. ст.	138,5 [130,5; 144,5]	135 [126; 144]	133 [126; 140]	134,5 [123,5; 143]
Диастолическое давление, *Me* [Q_{25}; Q_{75}], мм рт. ст.	89 [82,5; 95]	84 [79; 90]	85 [79; 90]	84,5 [76,5; 91]

Анализируя полученные результаты, следует обратить внимание на относительно молодой средний возраст обследованных лиц, сопоставимый во всех группах пациентов ($p = 0,69$). В структуре ССР возраст занимает одно из главных мест. Лица моложе 40 лет, как правило, имеют низкий ССР, однако нуждаются в не менее пристальном наблюдении за состоянием сердца и сосудов, чем пациенты старших возрастных групп [2]. Доля пациентов моложе 40 лет во всех исследуемых группах была достаточно высока и составила в 1-й группе – 57,3 % (55 человек), во 2-й – 60,0 % (51 человек), в 3-й – 60,4 % (32 человека), в группе сравнения – 60,0 % (24 человека).

По данным эпидемиологических исследований в 2018 г. распространенность курения среди мужчин в Российской Федерации составляла 34,7 % [3]. Распространенность курения, оцененная в нашем исследовании, превышала среднепопуляционный уровень как для лиц, работающих во вредных условиях труда, так и для лиц группы сравнения. При этом число курящих пациентов было примерно равным во всех исследуемых группах ($p > 0,01$ во всех случаях сравнения). Высокая распространенность курения среди обследованных лиц свидетельствует о важности учета данного фактора при анализе ССР в ходе проведения ПМО.

Анализируя распространенность отягощенной наследственности, можно отметить, что у родственников пациентов 1-й группы, сердечно-сосудистые заболевания встречались несколько чаще, чем у родственников остальных обследованных лиц. Однако полученные результаты не достигали статистической значимости ($p > 0,01$ во всех случаях сравнения).

Индекс массы тела и распространенность ожирения также оказались сопоставимы во всех исследуемых группах ($p > 0,01$ во всех случаях сравнения). Средняя

распространенность ожирения в Российской Федерации, определенная у мужчин в возрасте 35–44 лет, составляет 41,41 %, что существенно превышает показатели, полученные в нашем исследовании [4]. Здесь необходимо учитывать критерии исключения из исследования и проведенный профотбор.

Уровень ОХС во всех группах лиц, работающих во вредных условиях труда, был значимо выше, чем в группе сравнения ($p = 0{,}0001$ для 1-й группы, $p = 0{,}0057$ для 2-й группы, $p = 0{,}0004$ для 3-й группы). При этом между группами лиц, работающих во вредных условиях труда, не зафиксировано статистически значимых различий по уровню ОХС ($p > 0{,}01$ во всех случаях сравнения).

Медиана уровня САД была наибольшей в группе лиц, работающих в шуме, однако различия в уровнях САД между группами обследованных лиц не достигали статистической значимости ($p = 0{,}06$). В то же время ДАД у лиц, работающих в шуме, достоверно превышало указанные показатели во всех остальных группах ($p < 0{,}01$ во всех случаях сравнения).

Выводы:

1. В группах лиц, работающих с различными вредными производственными факторами, структура ССР имеет сходные черты. Исключение составляет уровень ДАД, который был значимо выше у лиц, работающих с производственным шумом.

2. Среди лиц, работающих во вредных условиях труда, распространенность традиционных факторов сердечно-сосудистого риска, таких как курение, отягощенная наследственность и ожирение, существенно не отличается от таковой в группе сравнения.

3. Уровень ОХС у работников металлургического предприятия, независимо от особенностей условий труда, значимо превышает указанный показатель у лиц группы сравнения.

4. Выявленные закономерности указывают на необходимость контроля состояния сердечно-сосудистой системы у лиц, имеющих контакт с вредными факторами производственной среды, начиная с молодого возраста.

Список литературы

1. Телкова И.Л. Профессиональные особенности труда и сердечно-сосудистые заболевания: риск развития и проблемы профилактики. Клинико-эпидемиологический анализ // СМЖ. – 2012. – Т. 27, № 1. – С. 17–25.

2. Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские Национальные Рекомендации / С.А. Бойцов, Н.В. Погосова, М.Г. Бубнова [и др.]. // Российский кардиологический журнал. – 2018. – № 6. – С. 7–122. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-6-7-122

3. Исследование ЭССЕ-РФ (эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний и их факторов риска в регионах Российской Федерации). Десять лет спустя / С.А. Бойцов, О.М. Драпкина, Е.В. Шляхто [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2021. – № 5 – С. 3007. DOI: 10.15829/1728-8800-2021-3007

4. Алфёрова В.И., Мустафина С.В. Распространенность ожирения во взрослой популяции Российской Федерации (обзор литературы) // Ожирение и метаболизм. – 2022. – № 1. – С. 96–105. DOI: https://doi.org/10.14341/omet12809

К вопросу о необходимости проведения количественной оценки профессионального риска

В.А. Фокин, С.В. Редько

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадозора,
г. Пермь, Россия

Представлены данные априорной оценки профессионального риска для здоровья работников нефтедобывающей промышленности по фактору «шум» с последующей их верификацией путем проведения количественной апостериорной оценки профессионального риска на групповом и персональном уровнях. Показано расхождение величин профессионального риска для здоровья работников в виде увеличения категории риска при переходе от качественных методов оценки к количественным.

Ключевые слова: профессиональный риск, количественная оценка риска, шум, артериальная гипертензия, нейросенсорная тугоухость.

Важнейшим индикатором здоровья общества является состояние здоровья работников, которое определяет качество трудовых ресурсов и демографическую ситуацию в стране, производительность труда, величину валового внутреннего продукта [1]. Неблагоприятные условия труда являются источниками постоянной опасности нарушения здоровья работников [2].

С позиции медицины труда профессиональный риск рассматривается в аспекте установления качественных и количественных закономерностей возникновения профессиональной заболеваемости и травматизма с целью разработки методов диагностики и механизмов предупреждения негативных последствий для здоровья работников [3].

В настоящее время в Трудовом кодексе профессиональный риск определяется как вероятность причинения вреда жизни и (или) здоровью работника в результате воздействия на него вредного и (или) опасного производственного фактора при исполнении им своей трудовой функции с учетом возможной тяжести повреждения здоровья [4]. В то же время управление профессиональным риском подразумевает применение мер по снижению уровней профессиональных рисков или недопущению их повышения (ст. 209 Трудового кодекса).

Таким образом, исходя из определений профессионального риска и управления профессиональным риском, приведенных в Трудовом кодексе, из поля зрения надзорных органов исключаются изучение и оценка проблемы возникновения болезней, связанных с условиями труда, а также сводятся к минимуму мероприятия по управлению профессиональным риском. Помимо этого, возникает необходимость разработки и внедрения унифицированных методов количественной оценки профессионального риска.

На настоящий момент в оценке профессионального риска можно выделить ряд наиболее острых проблем: отсутствие единых нормативных требований к по-

рядку проведения оценки профессионального риска здоровью; отсутствие единой методики оценки профессионального риска здоровью.

Цель исследования – сравнение результатов априорной (гигиенической) оценки профессионального риска и количественной апостериорной оценки риска на групповом и персональном уровнях.

Материалы и методы. Оценка профессионального риска проводилась на примере контингента работников нефтедобывающей промышленности (операторы по добыче нефти и газа – ОДНГ, инженерно-технические работники), основным критерием формирования групп являлось соответствие гигиеническому нормативу по фактору «шум». Информация о группах наблюдения и сравнения представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика уровней шума на рабочих местах лиц, включенных в группы наблюдения и сравнения

Группа	Количество человек	Возраст, лет	Стаж, лет	Уровень шума, дБА
Наблюдение	179	39,79 ± 0,75	12,70 ± 0,74	81,82 ± 0,10
Сравнение	259	37,92 ± 0,65	12,59 ± 0,57	71,39 ± 0,29

Анализ информации об условиях труда (данные специальной оценки условий труда, производственного лабораторного контроля) проводился в соответствии с руководством по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса (Р 2.2.2006-05)[1], категорирование риска априорного риска – в соответствии с руководством по оценке профессионального риска для здоровья работников (Р 2.2.1766-03)[2]. Количественная оценка риска проводилась в соответствии с методами и оценочными критериями, изложенными в ранее опубликованных материалах [5, 6].

Результаты. В ходе оценки априорного профессионального риска по критериям руководства Р 2.2.2006-05 установлено, что для ОДНГ риск, обусловленный воздействием производственного шума, будет относиться к категории малого (умеренного) риска (КУТ 3.1, уровень шума от 80 до 85 дБА).

При количественной оценке группового профессионального риска установлено, что риск, обусловленный развитием нейросенсорной тугоухости, в соответствии с предложенной шкалой, категорирован как средний ($1{,}06 \cdot 10^{-2}$); а риск, обусловленный развитием артериальной гипертензии, относится к категории высокого риска ($3{,}56 \cdot 10^{-2}$).

Уровни персонального риска, обусловленного нейросенсорной тугоухостью, для работников группы наблюдения составили от $8{,}64 \cdot 10^{-6}$ до $2{,}20 \cdot 10^{-2}$. Недопустимые (неприемлемые) уровни профессионального риска (выше $1 \cdot 10^{-3}$) отмечались

[1] Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29.07.2005 [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200040973 (дата обращения: 18.08.2023).

[2] Р 2.2.1766-03. 2.2. Гигиена труда. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 24.06.2003 [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/901902053 (дата обращения: 18.08.2023).

у 139 работников из 179. Риск категорирован как малый у 30 ОДНГ, умеренный – у 111, средний – у 28 работников. Неприемлемые уровни персонального риска, обусловленного артериальной гипертензией, составили от $1{,}03 \cdot 10^{-2}$ до $1{,}28 \cdot 10^{-1}$. Риск категорирован как средний у 8 ОДНГ, у 24 работников риск высокий, у 10 – очень высокий.

Итоги категорирования уровней профессионального риска при различных видах оценок представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты категорирования профессионального риска при различных видах оценки

Тип оценки	Уровень риска	Категория неприемлемого риска
Гигиеническая оценка	«–»	Умеренный
Количественная оценка группового риска	От $1{,}06 \cdot 10^{-2}$ (в отношении развития НСТ) До $3{,}56 \cdot 10^{-2}$ (в отношении развития АГ)	От среднего до высокого
Количественная оценка персонального риска	НСТ от $1{,}00 \cdot 10^{-3}$ до $2{,}20 \cdot 10^{-2}$; АГ от $1{,}03 \cdot 10^{-2}$ до $1{,}28 \cdot 10^{-1}$	От умеренного до очень высокого

Таким образом, наблюдаются различия в априорной и апостериорной оценках профессионального риска для здоровья работников.

Выводы. В ходе исследования установлены различия в результатах категорирования профессионального риска, которые связаны с тем, что априорная количественная оценка профессионального риска, в отличие от апостериорной (гигиенической) оценки, дополнительно учитывает информацию о состоянии здоровья работников, в том числе на персональном уровне, и уточняет результаты апостериорной оценки, являясь более дифференцированной. В перспективе количественная оценка профессионального риска может быть использована для принятия управленческих решений, направленных на снижение рисков для здоровья работников.

Список литературы

1. Измеров Н.Ф. Глобальный план действия по охране здоровья работающих на 2008-2017 гг.: пути и перспектив развития // Медицина труда и пром. экология. – 2008. – № 6. – С. 1–9.

2. Мухин Н.Н. Измеров Н.Ф., Сорокина Н.С. Профессиональная патология сегодня. Проблема и решения // Профессия и здоровье: материалы XII Всероссийского конгресса V Всероссийского съезда врачей-профпатологов. – М.: Реинфор, 2013. – С. 49–61.

3. Красовский В.О., Ямбухтина Г.А. О сочетанном профессиональном риске здоровья работников // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2009. – № 1. – С. 39–40.

4. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/901807664 (дата обращения: 18.08.2023).

5. Методические подходы к оценке персонального профессионального риска здоровью, обусловленного болезнями, связанными с работой, на протяжении всего периода трудовой деятельности / П.З. Шур, Н.В. Зайцева, В.А. Фокин, Д.А. Кирьянов, А.А. Хасанова // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 1. – С. 82–89.

6. Оценка и прогнозирование персонального профессионального риска с уточнением его категорий при помощи вероятностных методов / В.А. Фокин, Н.В. Зайцева, П.З. Шур, С.В. Редько, Е.В. Хрущева // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 92–99.

К проблеме обеспечения радиационной безопасности дефектоскопистов рентгено-, гаммаграфирования

Л.В. Чупахина, С.С. Сомов, А.С. Горобец, К.В. Субочева

ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области» Роспотребнадзора,
г. Самара, Россия

Освещены вопросы санитарно-гигиенического профиля при проведении работ по просвечиванию сварных швов дефектоскопистами рентгено-, гаммаграфирования в нестационарных условиях с применением цифровых методов контроля.

Ключевые слова: облучение персонала, дефектоскопист рентгено-, гаммаграфирования, цифровые технологии, средняя индивидуальная доза, коллективная доза.

С целью предупреждения возможного вреда здоровью населения в нашей стране в 1996 г. принят Федеральный закон «О радиационной безопасности населения», в котором предусмотрены организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля персонала, осуществляющего работу с источниками ионизирующего излучения [1].

Рентгеновская радиография на протяжении многих лет является одним из наиболее востребованных методов неразрушающего контроля. Этот метод используется для обеспечения целостности соединений в металлоконструкциях. Если вовремя подвергнуть их проверке по рентгеновской дефектоскопии, можно обнаружить в них микропоры, трещины, подрезы, оксидные прожоги и прочие дефекты, которые скрыты при внешнем осмотре.

На сегодняшний день активное развитие отрасли информационных технологий, выполнение федеральных президентским программ поставлено правительством Российской Федерации в приоритетные задачи.

Контроль профессионального облучения является одной из основных задач системы обеспечения радиационной безопасности персонала. Целью контроля, с точки зрения радиационной защиты, является проверка соответствия условий труда требованиям норм [2] и правил [3, 4] и подтверждением того, что администрацией юридического лица обеспечена радиационная безопасность персонала должным образом, а техногенный источник ионизирующего излучения находится под контролем.

Согласно СанПиН 2.6.1.3164-14 «Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при рентгеновской дефектоскопии»: п. 6.6: «Для обеспечения радиационной безопасности персонала и населения при проведении работ с переносными (передвижными) рентгеновскими дефектоскопами необходимо [4]:

– уменьшать время просвечивания изделий за счет использования высокочувствительных пленок, усиливающих экранов, цифровых систем регистрации».

Процесс радиографического контроля, применяемый при проведении работ по просвечиванию сварных швов, от способа получения изображения разделяют на две категории:

1-я категория – использование систем, работа которых основана на запоминании изображений. Это либо работа с привычными всем рентгеновскими пленками или запоминающими многоразовыми пластинами для компьютерной радиографии.

2-я категория – применение систем, позволяющих получать изображения практически в режиме реального времени. Их работа может быть основана на использовании сцинтилляционных детекторов (рентгенотелевизионые установки) либо детекторов прямого преобразования, в основе которых монокристаллические полупроводники, поликристаллические полупроводники или аморфные полупроводники.

Цифровые технологии имеют ряд значимых положительных санитарно-гигиенических аспектов перед аналоговой системой:

1. Отсутствие необходимости использования «мокрых» процессов и химических реактивов. Как известно, для получения снимка на рентгеновской пленке необходимо выполнить ряд операций: проявка и закрепление изображения, промывка и сушка пленок. Данные операции выполняются ручным способом или с использованием проявочной машины. Для получения готового снимка необходимо не менее десяти минут. Кроме этого необходимо утилизировать использованные химические реактивы. При использовании запоминающих пластин химические реактивы не применяются, после экспонирования пластину устанавливают в специальный сканер, который считывает с нее изображение. Операция по сканированию пластины может занимать от нескольких секунд до нескольких минут и зависит от размера пластины и режима считывания [5].

2. Многократное использование пластин и плоскопанельных детекторов:

а) после считывания сканером изображения с запоминающей пластины, ее очищают. Очистка выполняется специальным встроенным в сканер лазером, соответственно процессы считывания изображения и очистка пластины происходят последовательно и позволяют избежать расхода дополнительного времени. После завершения очистки пластина готова к новому использованию. Пластина может быть повторно использована до нескольких тысяч раз;

б) принцип действия комплекса цифровой радиографии основан на регистрации рентгеновского излучения, проходящего через объект контроля и попадающего на матрицу плоскопанельного детектора с дальнейшим его преобразованием в цифровой сигнал и получением на ЭВМ изображения, доступного для последующей обработки, анализа и хранения. Плоскопанельный детектор оснащен встроенным датчиком дозы рентгеновского излучения, который сообщает плоскопанельному детектору о начале экспозиции. Датчик расположен в центре рабочей области плоскопанельного детектора. Интерфейс взаимодействия с источником излучения – автоматический запуск начала экспозиции при включении рентгена либо ручной запуск начала экспозиции с помощью планшета.

Для обеспечения радиационной безопасности при нормальной эксплуатации источников излучения, согласно СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)», п. 2.1, необходимо руководствоваться основными принципами: нормирования, обоснования, оптимизации. Принцип оптимизации заключается в том, чтобы поддерживать на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника излучения.

Данный принцип выражается в длительности времени экспозиции. Примером для сравнения между цифровыми технологиями и аналоговой системой являлась пластина из стали, толщина которой составляла 32 мм. При применении рентгеновской пленки используемое напряжение было 240 кВ, а ток – 0,7 мА. Время просвечивания при этом составило 26 мин. Если взять цифровые технологии, то уже при уменьшенном напряжении до 150 кВ и сохранении тока в 0,7 мА, просвечивание займет всего около 18 с.

Проведен сравнительный анализ показателей средней индивидуальной и коллективной доз облучения дефектоскопистов рентгено-, гаммаграфирования персонала группы «А» Самарской области при выполнении работ по просвечиванию сварных швов по данным радиационно-гигиенической паспортизации территории Самарской области за период 2020–2022 гг.:

2020 г.: численность персонала – 1265 человек; коллективная доза – 1,09254 чел.-Зв/год.; средняя индивидуальная доза – 0,863 мЗв/год;

2021 г.: численность персонала – 1281 человек; коллективная доза – 1,08087 чел.-Зв/год.; средняя индивидуальная доза – 0,843 мЗв/год;

2022 г.: численность персонала – 1296 человек; коллективная доза – 1,04898 чел.-Зв/год.; средняя индивидуальная доза – 0,809 мЗв/год[1].

На основании проведенного сравнительного анализа категорий процессов радиографического контроля можно сделать вывод, что химические факторы риска производственной среды у дефектоскописта рентгено-, гаммаграфирования будут существенно снижены при переходе на цифровые технологии просвечивания сварных швов, а также будет снижена мощность амбиентного эквивалента дозы на рабочих места персонала, что прямо пропорционально снижению средней индивидуальной дозы персонала.

Список литературы

1. О радиационной безопасности населения: Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ (ред. от 18.03.2023) [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/9015351 (дата обращения: 18.07.2023).

2. СанПиН 2.6.1.2523–09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормативы / утв. и введены в действие от 07.07.09 г. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 100 с.

[1] Радиационно-гигиенические паспорта организаций (юридических лиц и индивидуальных предпринимателей), осуществляющих обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения за 2020–2022 гг.

3. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) / зарегистрирован 11 августа 2010 г. Регистрационный № 18115. – М.: Минюст России. – 82 с.

4. СанПиН 2.6.1.3164-14. Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при рентгеновской дефектоскопии (ред. от 30.10.2017) / зарегистрирован 4 августа 2014 г. Регистрационный № 33450. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/420212976?section=text (дата обращения: 18.07.2023).

5. Багаев К.А., Варламов А.Н. Применение компьютерной радиографии на основе запоминающих пластин для контроля сварных соединений нефте- и газопроводов // Экспозиция. Нефть. Газ. – 2012. – № 2 (20). – С. 69–71.

Раздел V

Информационные технологии и математическое моделирование при проведении исследований в области гигиены и эпидемиологии

Визуализация стадий роста биопленки с помощью программного комплекса ImageJ

Е.М. Закубанская, В.С. Кропотов, Д.В. Кряжев

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени академика И.Н. Блохиной» Роспотребнадзора, г. Нижний Новгород, Россия

Приведены результаты исследования биопленок культуры *Staphylococcus aureus*, выделенной от пациентов с хронической ЛОР-инфекцией. Для изучения биопленок применялись люминесцентная микроскопия в сочетании с компьютерным 3D-моделированием. Последовательная визуализация с помощью 3D-моделей выявила стадийную организацию при формировании биопленок. Люминесцентная микроскопиия с компьютерным 3D-моделированием расширяет представление о развитии микробной популяции внутри биопленки, а также роли матрикса в поддержании структуры биопленки. Использование комбинации нескольких методов позволяет оценить различные способы регулирования процесса биопленкообразования у бактерий при некоторых инфекциях.

Ключевые слова: бактериальная биопленка, биопленкообразование, матрикс, люминесцентная микроскопия, 3D-моделирование.

В последние десятилетия постепенно на смену концепции планктонных форм микробного возбудителя заболеваний в медицине пришли теории ассоциации микробных сообществ – биопленок. Постоянно появляющиеся новые данные свидетельствуют, что хронические инфекции принципиально отличаются от острых, а существование биопленок при хронических инфекциях требует совершенно новых подходов к их диагностике и лечению.

Одним из наиболее распространенных методов получения данных об ультраструктуре и формировании биопленок являются различные виды микроскопии. Современная оптическая микроскопия уже радикально отличается от микроскопии XX в. Благодаря новым технологиям она давно перешла из разряда субъективных методов в группу точных методик, позволяющих проводить верифицируемые количественные исследования пространственно-временных и физико-химических характеристик объектов. Кроме применения новых технологий освещения и совершенствования оптических схем особую роль сыграло широкое применение машинных методов обработки изображения. Это позволило не только ускорить и автоматизировать процесс наблюдения, но и дало возможность получать новые ранее недоступные сведения об объекте, а глобальная сетевая интеграция, разработка стандарта SBML (язык маркировки системной биологии) позволила создавать и использовать международные базы данных с возможностью совместной, «облачной» обработки результатов [1]. Существует несколько коммерческих программ (например, Imaris, Volocity, Amira) и программ с открытым исходным кодом (например ImageJ, CellProfiler, Vaa3D, BioImageXD, Icy, KNIME и т.д.) для анализа биологических изображений [2].

Наибольшей популярностью в среде научных исследований уже более 30 лет пользуется программный комплекс ImageJ. Он отличается легкостью использова-

ния, продуманным минималистичным интерфейсом, широкими возможностями. В настоящее время на веб-сайте ImageJ доступно более 325 макросов и 500 плагинов. Некоторые из них позволяют обрабатывать трехмерные изображения, как, например, бесплатная коллекция плагинов McMaster Biophotonics Facility [1]. В наших исследованиях мы использовали ImageJ для визуализации и построения 3D-модели биопленки. В качестве объекта исследований использовалась культура *Staphylococcus aureus*, выделенная у пациента ЛОР-отделения многопрофильного детского стационара.

При определении удельного биопленкообразования классическим фотометрическим методом, предложенным O'Toole [3], коэффициент пленкообразования у данного штамма *Staphylococcus aureus* был равен 6,2.

Для проведения микроскопического исследования биопленки выращивались на покровных стеклах для последующего микроскопирования. Для этого суспензию бактерий разводили до концентрации 1 по МакФарланду в ГРМ-бульоне (ФБУН ГНЦ ПМБ, Россия), затем 100 мкл суспензии помещали на покровное стекло и инкубировали в течении 1 ч при температуре 37 °С. Стекла после инкубации отмывали от неприкрепившихся бактериальных клеток забуференным фосфатами физиологическим раствором (PBS). Затем стекла погружали узкой гранью в ГРМ-агар (ФБУН ГНЦ ПМБ, Россия) под углом 40–50° к поверхности агара в чашке Петри, заливали чашку 10 мл ГРМ-бульоном (ФБУН ГНЦ ПМБ, Россия), после чего инкубировали при 37 °С. В каждой чашке размещали 4 стекла для выявления биопленкообразования. На 1, 2, 4-е и 7-е сутки извлекалось одно из стекол, с одновременной полной заменой жидкой питательной среды в чашке. Покровное стекло отмывалось от неприкрепившихся клеток и высушивалось на листе фильтровальной бумаги. Затем препарат фиксировался в течение 3 мин в 96%-ном этаноле и после удаления спирта приклеивался на предметное стекло с помощью прозрачного лака. Готовый препарат окрашивали раствором акридинового оранжевого (20 мкг/мл) в течение 10 мин, три раза промывали проточной водой, высушивали в темноте, просматривали с использованием микроскопа «Микмед-6 вариант 11» с люминесцентным модулем («ЛОМО», Россия) при увеличении х100 в иммерсионной системе и фотографировали цифровой камерой. В дальнейшем проводилась цифровая обработка полученных изображений с применением 3D-моделирования при помощи программного комплекса ImageJ ver. 1.52a.

В ходе исследования были визуализированы все описанные в литературе стадии образования биопленки [4, 5]:

1. Адгезия.
2. Размножение и формирование базального матрикса.
3. Формирование дифференцированного матрикса.
4. Дисперсия зрелой биопленки.

На первые сутки культивирования в полном соответствии с теорией развития биопленки клетки адгезировались к поверхности стекла и активно размножались, формируя монослой (рис. 1)

При анализе 3D-модели, созданной с помощь программного комплекса ImageJ ver. 1.52a (см. рис. 1), мы видим, что процесс адгезии *Staphylococcus aureus* активно проходит с образованием небольших агломераций клеток. При этом согласно цветохроматической шкале в правой части изображения цвет окраски, зависящей от условной высоты объекта над полем наблюдения, показы-

вает, что уже в первые сутки культивирования идет активная выработка компонентов матрикса.

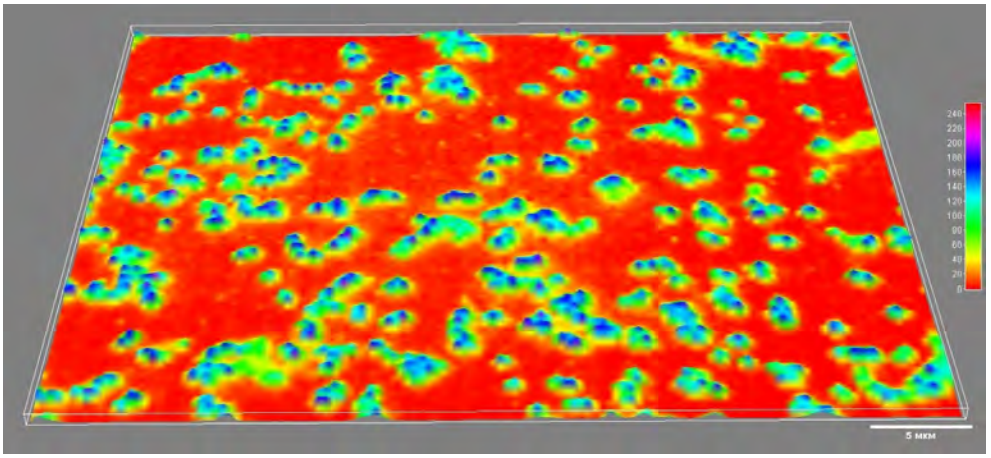


Рис. 1. 3D-моделирование биопленки на основе микрофотографий культуры *Staphylococcus aureus* после первых суток культивирования

Во вторые сутки культивирования (рис. 2) плотность клеточного монослоя значительно увеличивается. На 3D-модели видно области с различной степенью окраски, что свидетельствует о появлении рельефной поверхности и многослойной структуры – формировании рельефного матрикса.

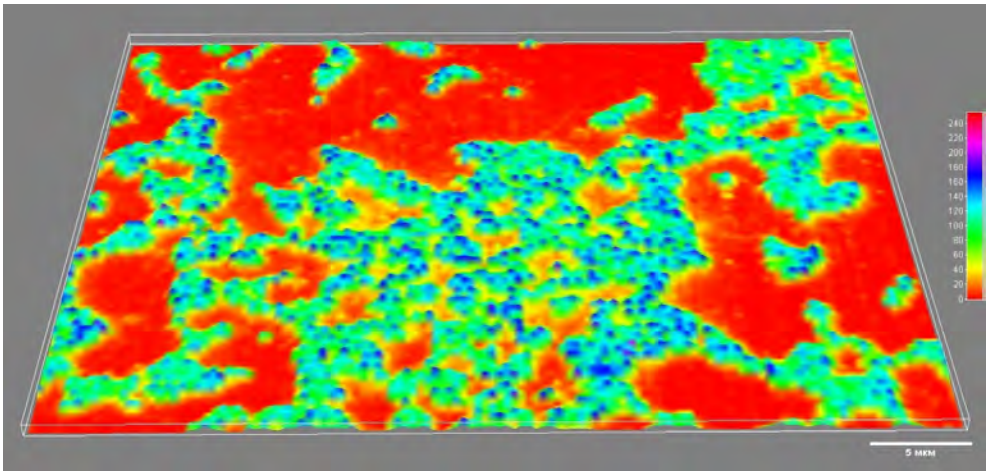


Рис. 2. 3D-моделирование биопленки на основе микрофотографий культуры *Staphylococcus aureus* после вторых суток культивирования

На рис. 3 видно уже сформированный матрикс с рельефной структурой, но он занимает еще не все поле наблюдения. Оставшиеся участки красного цвета (отсутствие биопленки) свидетельствуют о продолжающемся процессе формирования и дифференцировки.

После четвертых суток культивирования мы можем наблюдать окончательно сформированный дифференцированный матрикс – поверхность препарата стала рельефной, появились впадины и выступы (рис. 4).

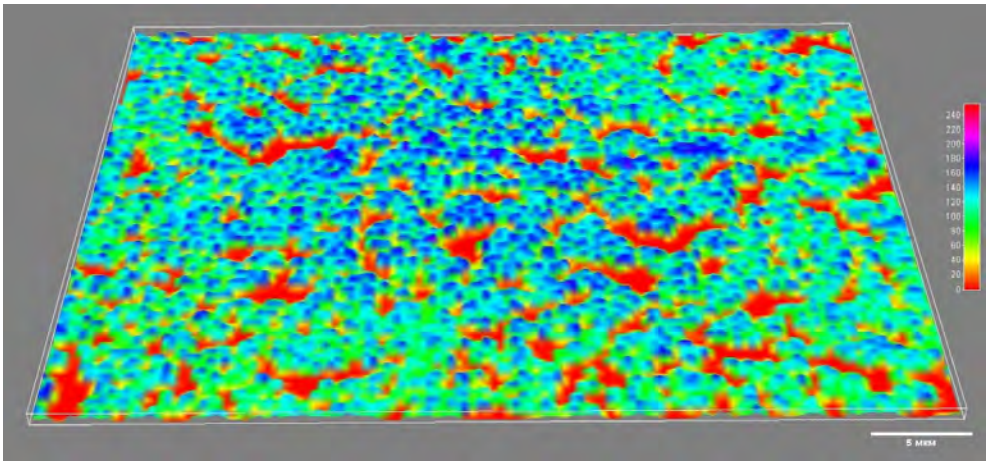


Рис. 3. 3D-моделирование биопленки на основе микрофотографий культуры *Staphylococcus aureus* после третьих суток культивирования

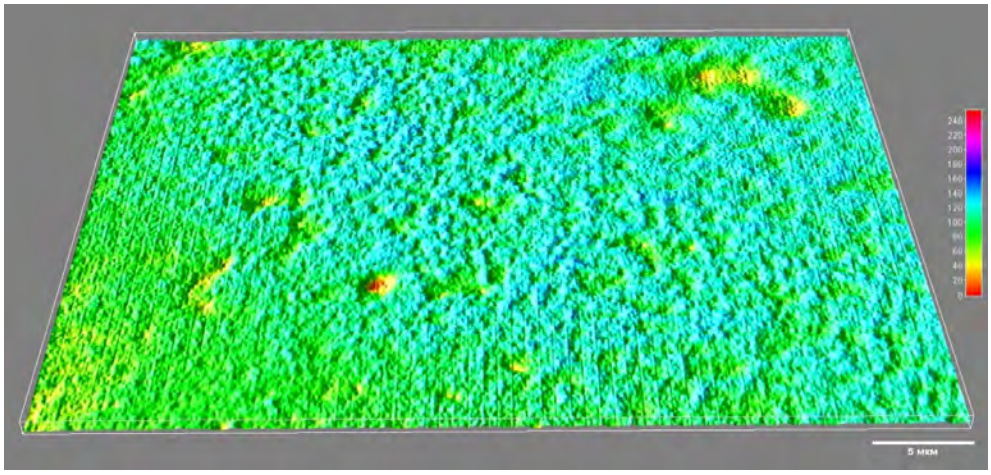


Рис. 4. 3D-моделирование биопленки на основе микрофотографий культуры *Staphylococcus aureus* после третьих суток культивирования

На седьмые сутки культивирования (рис. 5) начинают проявляться признаки начинающейся дисперсии. Рельефность матрикса проявляется наиболее ярко, но снова начинают появляется участки красного цвета, которые, согласно цветохроматической шкале, указывают на процессы деградации.

В результате всего цикла проведенных нами исследований была подтверждена возможность культивировать биопленки *Staphylococcus aureus* в модельных экспериментах и визуализировать стадии формирования биопленки с помощью ме-

тодов фиксации и окраски. Было показано, что программный комплекс ImageJ является эффективным средством визуализации различных стадий формирования биопленки, позволяющим не только получить изображения, но и обеспечить их цифровую обработку.

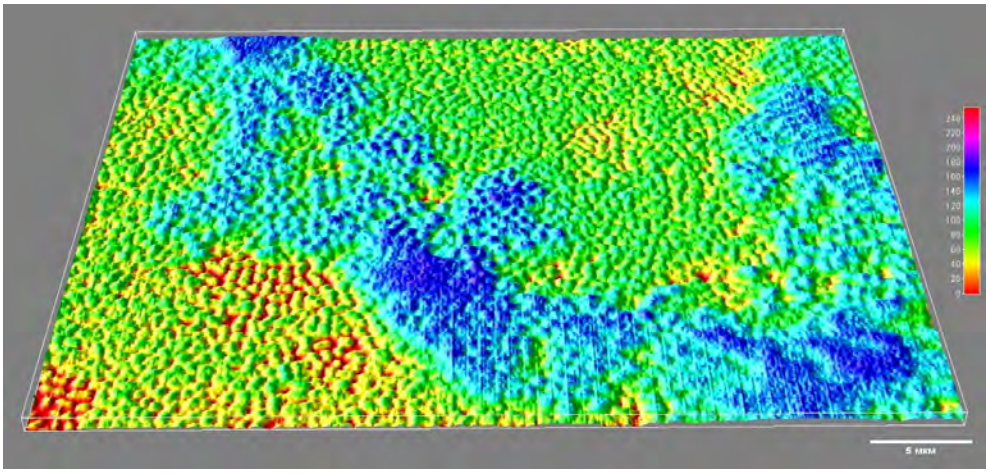


Рис. 5. 3D-моделирование биопленки на основе микрофотографий культуры *Staphylococcus aureus* после третьих суток культивирования

Таким образом, применение информационных технологий для цифровизации результатов оптической микроскопии позволяет существенно дополнить представления о механизмах и этапах формирования биопленок, роли матрикса в поддержании их структуры при проведении исследований в области гигиены и эпидемиологии.

Список литературы

1. Современные методы исследования ультраструктуры бактериальных биопленок (обзор литературы) / В.С. Кропотов, М.И. Заславская, Н.И. Игнатова, Д.В. Кряжев // Проблемы Медицинской Микологии. – 2022. – Т. 24, № 4. – С. 10–20.

2. Fiji - an Open Source platform for biological image analysis / J. Schindelin, I. Arganda-Carreras, E. Frise, V. Kaynig [et al.] // Nat. Methods. – 2012. – Vol. 9, № 7. – P. 676–682. DOI: 10.1038/nmeth.2019

3. O'Toole G.A. Microtiter Dish Biofilm Formation Assay // J. Vis. Exp. – 2011. – № 47. – P. 2437.

4. Visualization and characterization of Enterococcus faecalis biofilm structure in bovine dentin using 2D and 3D microscopic techniques / A. Keleş, C. Keskin, M. Kalkan [et al.] // Arch. Microbiol. Arch Microbiol. – 2021. – Vol. 203, № 1. – P. 269–277.

5. Paracetamol modulates biofilm formation in Staphylococcus aureus clonal complex 8 strains / A.R. Sultan, K.R. Lattwein, N.A. Lemmens-den Toom [et al.] // Sci. Rep. Nature Publishing Group. – 2021. – Vol. 11, № 1. – P. 5114.

Адресная доставка лекарственных препаратов при помощи наночастиц: польза и вред

А.С. Зорина, А.А. Крылов

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Разработка биосовместимых и специфичных наночастиц в качестве средств для адресной доставки лекарственных препаратов в настоящее время является областью интенсивных исследований. Применение нанотехнологии в медицине позволяет улучшить доставку плохо растворимых лекарств, совместную доставку двух лекарств или более, нацелить доставку на определенные участки клеток или тканей и, соответственно, снизить общее количество используемых лекарств и их концентрацию, а также помочь в визуализации доставки лекарств. Однако существуют опасения насчет безопасности применения наночастиц в медицинских целях. Данные по изучению использования наночастиц для адресной доставки лекарств, представленные в научной литературе, неоднозначны и описывают как положительное влияние на здоровье, так и возможный вред.

Ключевые слова: наночастицы, адресная доставка лекарств.

В последние десятилетия активно развивается синтез и применение наночастиц (НЧ) в различных отраслях человеческой деятельности, в том числе в медицине. На сегодняшний день адресная доставка лекарственных препаратов с применением в качестве носителей наноразмерных частиц является важнейшим направлением современной медицины. К НЧ относятся металлические, углеродные и полимерные частицы размером менее 100 нм.

Технология адресной доставки позволяет решить такие проблемы использования лекарственных препаратов традиционными методами, как негативные воздействия на интактные ткани и низкую биодоступность, за счет улучшения растворимости, преодоления различных барьеров, точечной доставки лекарств в место локализации заболевания. Важным преимуществом также является возможность создания препаратов пролонгированного действия.

Носители, используемые для адресной доставки, могут содержать как одно действующее вещество, так и действующее вещество совместно с направляющими лигандами, которые связываются с маркерами повреждения в месте локализации заболевания. В качестве носителей могут быть использованы углеродные наночастицы (нанотрубки, фуллерены, графен), металлические наночастицы (золото, серебро, платина, титан, цинк, железо, оксиды металлов), в том числе магнитные наночастицы.

Любые материалы нанометрового размера имеют физико-химические свойства, отличные от более крупных частиц. При этом при переходе на нанометровый уровень возникают новые явления, которые невозможно предсказать, изучая вещества в виде более крупных частиц. Малые размеры НЧ, близкие к биомакромолекулам, способны обеспечить быструю диффузию внутри тканей и клеток, высокую удельную поверхность, лучшую растворимость, реакционную способность, высо-

кую аккумуляцию. Однако эти же качества могут привести к неконтролируемому воздействию на организмы. Соответственно, применение НЧ для адресной доставки лекарственных препаратов поднимает вопрос об их негативном влиянии на организм человека.

Цель исследования – изучение достоинств применения адресной доставки лекарств при помощи наночастиц, возможных рисков для здоровья.

Материалы и методы. Выполнен обзор зарубежной и отечественной литературы по применению наноразмерных частиц для адресной доставки лекарственных препаратов, а также литературы, описывающей риски для здоровья при воздействии наночастиц на организм.

В аналитическом обзоре проанализированы литературные источники, опубликованные в реферативных базах данных Web of Science, PubMed, Scopus и РИНЦ за период 1989–2023 гг. Отбор статей осуществлялся по принципу наличия в них сведений о применении наночастиц в фармакологии и медицине в качестве носителей лекарственных препаратов, об опыте лечения заболеваний с применением адресной доставки лекарств, о влиянии наночастиц на здоровье человека.

Результаты. Большая часть статей посвящена изучению адресной доставки в лечении раковых заболеваний различной локализации. В своей работе Вонг с соавт. в экспериментах *in vivo* показали эффективность лечения опухоли при помощи полимерно-липидных гибридных наночастиц, нагруженных доксорубицином [1]. При этом авторы отмечают, что данные НЧ обладают значительной цитотоксической активностью в отношении опухолевых клеток и минимальной системной токсичностью. В работе L. Raffaghello et al. [2] показана эффективность применения полимерных НЧ на основе поливинилового спирта при лечении нейробластомы и меланомы. Авторы отметили, что никаких побочных эффектов не наблюдалось даже при дозах, превышающих те, которые используются в терапевтических целях.

Помимо применения для лечения раковых заболеваний, эффективность адресной доставки была показана для лечения болезни Альцгеймера [3]. Пател с соавт. эксперименте на мышах показали эффективность липидных НЧ, использованных для доставки гиперзина А, на модели амнезии, вызванной скополамином [4]. Сообщалось также об удачном лечении инфаркта миокарда у крыс при помощи адресной доставки циклоспорина наночастицами [5]. Янг с соавт. использовали носитель на основе НЧ платины, чтобы показать механизм обхода устойчивости организма к препаратам на основе платины [6]. НЧ на основе золота были использованы для доставки лекарств в легкие для лечения респираторных заболеваний [7]. Разработаны также НЧ оксида железа на полимерной основе для антибактериальной терапии [8].

Оксид железа является одним из самых распространенных материалов в синтезе НЧ для адресной доставки. Еще в 1989 г. была выпущена статья, в которой авторы описывали полную биосовместимость и биодеградируемость *in vivo* НЧ оксида железа [9]. Авторы утверждали, что данные наночастицы метаболизируются клетками, в результате чего железо попадает в нормальный пул железа плазмы крови. Однако существует множество исследований, подтверждающих токсичность НЧ оксида железа [10, 11]. Например, Турчин с соавт. при изучении безопасности применения супермагнитных наночастиц оксида железа в эксперименте на клетках бактерий обнаружили увеличение количества погибших клеток при увеличении концентрации частиц [12]. Авторы предположили, что данный результат связан с нарушением ме-

ханизма клеточной адгезии в результате адсорбции НЧ на поверхности клеток. Однако это предположение не было подтверждено экспериментами.

Было проведено много исследований *in vivo* на мышах, крысах и рыбках Данио с целью изучения генотоксичности различных наночастиц. Генотоксичность была показана для НЧ различного состава (диоксид титана, оксид цинка, оксид алюминия, селенид кадмия, гидроксид никеля, углерод), размера (от 5 до 162 нм), концентрации (от 40 до 2000 мг/кг), при различном способе введения (перорально, интратрахеально, ингаляционно) [12–19]. При этом поврежденность ДНК отмечали в клетках костного мозга, печени, периферической крови, легких, легочной жидкости, а также митохондриальной ДНК в клетках аорты при ингаляционном воздействии.

Для многих НЧ также была показана цитотоксичность, гепатотоксичность, иммунотоксичность [20–22]. Токсичность НЧ может быть связана как с природой самих НЧ (например, токсичность самих металлов и их ионов), так и с их наноразмерным состоянием (размер и форма НЧ). Поверхностная модификация НЧ является одним из способов снижения токсичных эффектов на клетки. Однако некоторые авторы отмечают, что функционализация полностью не снимает проблем токсичности НЧ [23, 24].

Выводы. Таким образом, наночастицы для адресной доставки лекарственных препаратов должны представлять собой стабильные, биосовместимые, биоразлагаемые соединения с низкой токсичностью. В частности, для повышения терапевтической селективности и снижения возможных негативных эффектов на организм в целом необходимы селективная доставка и физическое нацеливание наночастиц на клетки в месте локализации заболевания. Поэтому на сегодняшний день актуальным остается вопрос подбора материала для синтеза биосовместимых и биоразлагаемых наночастиц и подбора специфичных лигандов для адресного нацеливания.

Список литературы

1. In vivo evaluation of a new polymer-lipid hybrid nanoparticle (PLN) formulation of doxorubicin in a murine solid tumor model / H.L. Wong, A.M. Rauth, R. Bendayan, X.Y. Wu // European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. – 2007. – Vol. 65. – P. 300–308.

2. In vitro and in vivo antitumor activity of the novel derivatized polyvinyl alcohol-based polymer P10 (4) / L. Raffaghello, G. Zuccari, R. Carosio, I. Orienti, P.G. Montaldo // Clinical Cancer Research. – 2006. – Vol. 12. – P. 3485–3493.

3. Preparation, characterization, in vivo and biochemical evaluation of brain targeted Piperine solid lipid nanoparticles in an experimentally induced Alzheimer's disease model / M. Yusuf, M. Khan, R.A. Khan, B. Ahmed // Journal of Drug Targeting. – 2013. – Vol. 21 (3). – P. 300–311.

4. Comparative in vitro and in vivo evaluation of lipid based nanocarriers of Huperzine A / P.A. Patel, S.C. Patil, D.R. Kalaria, Y.N. Kalia, V.B. Patravale // International Journal of Pharmaceutics. – 2013. – Vol. 446 (1–2). – P. 16–23.

5. Mitochondria-targeted cyclosporin A delivery system to treat myocardial ischemia reperfusion injury of rats / C.X. Zhang, Y. Cheng, D.Z. Liu, M. Liu, H. Cui, B.I. Zhang, Q.B. Mei, S.Y. Zhou // Journal of Nanobiotechnology. – 2019. – Vol. 17. – P. 1–16.

6. Delivery of platinum (II) drugs with bulky ligands in trans-geometry for overcoming cisplatin drug resistance / X. Yang, Y. Yu, X. Huang, Q. Chen, H. Wu, R. Wang, R. Qi, Y. Miao, Y. Qiu // Materials Science and Engineering C. – 2019. – Vol. 96. – P. 96–104.

7. Endotracheal nebulization of gold nanoparticles for noninvasive pulmonary drug delivery / A. Urso, F. Meloni, M. Malatesta, R. Latorre, Ch. Damoci, J. Crapanzano, L. Pandolfi, M.D. Giustra, M. Pearson, M. Colombo, K. Schilling, R. Glabonjat, F. D'Ovidio // Nanomedicine (Lond). – 2023. – Vol. 18 (4). – P. 317–330.

8. Synthesis of magnetic iron oxide-incorporated cellulose composite particles: an investigation on antioxidant properties and drug delivery applications / A. Naznin, P.K. Dhar, S.K. Dutta, S. Chakrabarty, U.K. Karmakar, P. Kundu, M.S. Hossain, H.R. Barai, Md.R. Haque // Pharmaceutics. – 2023. – Vol. 15 (3). – P. 732.

9. Superparamagnetic iron oxide: pharmacokinetics and toxicity / R. Weissleder, D.D. Stark, B.L. Engelstad, B.R. Bacon, C.C. Compton, D.L. White, P. Jacobs, J. Lewis // American Journal of Roentgenology. – 1989. – Vol. 152. – P. 167–173.

10. Vangijzegem T., Stanicki D., Laurent S. Magnetic iron oxide nanoparticles for drug delivery: applications and characteristics // Expert Opinion on Drug Delivery. – 2018. – Vol. 16 (1). – P. 69–78.

11. Inactivation of Escherichia coli by nanoparticulate zerovalent iron and ferrous ion / J.Y. Kim, H.-J. Park, C. Lee, K.L. Nelson, D.L. Sedlak, J. Yoon // Applied and Environmental Microbiology. – 2010. – Vol. 76 (22). – P. 7668–7670.

12. Магнитное маркирование фетальных фибробластов человека суперпарамагнитными наночастицами оксида железа, стабилизированными цитратом / В.В. Турчин, Ю.А. Лёгенький, М.В. Солопов, А.Г. Попандопуло, С.В. Беспалова // Вестник неотложной и восстановительной хирургии. – 2016. – Т. 1 (2). – С. 245–251.

13. Investigation of genotoxic and cytotoxic effects of micro- and nanosized titanium di-oxide in six organs of mice in vivo / L.P. Sycheva, V.S. Zhurkov, V.V. Iurchenko, N.O. Daugel-Dauge, M.A. Kovalenko, E.K. Krivtsova, A.D. Durnev // Mutation Research. – 2011. – Vol. 726 (1). – P. 8–14.

14. Inflammatory and genotoxic effects of nanoparticles designed for inclusion in paints and lacquers / A.T. Saber, K.A. Jensen, N.R. Jacobsen, R. Birkedal, L. Mikkelsen, P. Møller, S. Loft, H. Wallin, U. Vogel // Nanotoxicology. – 2012. – Vol. 6 (5). – P. 453–471.

15. Induction of oxidative stress, DNA damage and apoptosis in mouse liver after sub-acute oral exposure to zinc oxide nanoparticles / V. Sharma, P. Singh, A.K. Pandey, A. Dhawan // Mutation Research. – 2012. – Vol. 745. – P. 84–91.

16. In vivo genotoxicity assessment of aluminium oxide nanomaterials in rat peripheral blood cells using the comet assay and micronucleus test / A. Balasubramanyam, N. Sailaja, M. Mahboob, M.F. Rahman, S.M. Hussain, P. Grover // Mutagenesis. – 2009. – Vol. 24. – P. 245–251.

17. Genotoxicity evaluation of nanomaterials: DNA damage, micronuclei, and 8-hydroxy-2-deoxyguanosine induced by magnetic doped CdSe quantum dots in male mice / W.K. Khalil, E. Girgis, A.N. Emam, M.B. Mohamed, K.V. Rao // Chemical Research in Toxicology. – 2011. – Vol. 24 (5). – P. 640–650.

18. Long-term inhalation exposure to nickel nanoparticles exacerbated atherosclerosis in a susceptible mouse model / G.S. Kang, P.A. Gillespie, A. Gunnison, A.L. Moreira, K.M. Tchou-Wong, L.C. Chen // Environmental Health Perspectives. – 2011. – Vol. 119 (2). – P. 176–181.

19. Cytogenetic evaluation of functionalized single-walled carbon nanotube in mice bone marrow cells / A.K. Patlolla, P.K. Patra, M. Flountan, P.B. Tchounwou // Environmental Toxicology. – 2016. – Vol. 31 (9). – P. 1091–1102.

20. Nanoparticle-liver interactions: cellular uptake and hepatobiliary elimination / Y.N. Zhang, W. Poon, A.J. Tavares, I.D. McGilvray, W.C.W. Chan // Journal of Controlled Release. – 2016. – Vol. 240. – P. 332–348.

21. Mechanisms of oxidative stress, apoptosis, and autophagy involved in graphene oxide nanomaterial anti-osteosarcoma effect / Z. Tang, L. Zhao, Z. Yang, Z. Liu, J. Gu, B. Bai, J. Liu, J. Xu, H. Yang // International Journal of Nanomedicine. – 2018. – Vol. 13. – P. 2907–2919.

22. The molecular influence of graphene and graphene oxide on the immune system under in vitroand in vivo conditions / I. Dudek, M. Skoda, A. Jarosz, D. Szukiewicz // Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis (Warsz). – 2016. – Vol. 64 (3). – P. 195–215.

23. Graphene in therapeutics delivery: Problems, solutions and future opportunities / C. McCallion, J. Burthem, K. Rees-Unwin, A. Golovanov, A. Pluen // Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. – 2016. – Vol. 104. – P. 235–50.

24. Injection of PEGylated liposomes in rats elicits PEG-specific IgM, which is responsible for rapid elimination of a second dose of PEGylated liposomes / T. Ishida, M. Ichihara, X. Wang, K. Yamamoto, J. Kimura, E. Majima, H. Kiwada // Journal of Controlled Release. – 2006. – Vol. 112 (1). – P. 15–25.

Искусственные нейронные сети в задачах проспективного эпидемиологического анализа социально значимых заболеваний

Б.И. Марченко, О.А. Нестерова

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Ростов-на-Дону, Россия

Статья посвящена актуальной проблеме внедрения и развития наукоемких технологий аналитических исследований, методов прогнозирования и моделирования. Целью работы являлась апробация и оценка точности среднесрочного прогнозирования частоты заболеваний сифилисом среди жителей Ростовской области с применением нейросетевого моделирования. Установлено, что прогнозы, полученные посредством применения нейросетевого моделирования, созданные в среде пакета прикладных программ Matlab R2022a, обеспечивают более высокую точность относительно регрессионной модели экстраполяционного прогнозирования на основе построения линий тенденций путем подбора методом наименьших квадратов.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, социально-гигиенический мониторинг, прогнозирование, сифилис, регрессионная модель.

Социально значимые заболевания – это болезни, возникновение и (или) распространение которых в значительной степени зависит от социально-экономических условий, приносящие ущерб обществу и требующие социальной защиты человека. К таким заболеваниям относятся: туберкулез, инфекции, передающиеся преимущественно половым путем (в том числе сифилис), гепатиты В и С, болезнь, вызванная вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ), злокачественные новообразования, сахарный диабет, психические расстройства и расстройства поведения, болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением [1].

Социально значимые заболевания относятся к числу наиболее актуальных проблем современного здравоохранения и обусловливает риски для здоровья населения. В последние годы в мировом сообществе наблюдается существенное увеличение количества больных сифилисом. В Российской Федерации, в частности в Ростовской области, в это же время отмечена благоприятная тенденция по снижению заболеваемости сифилисом. Однако происходят значительные изменения в структуре этой заболеваемости: отмечается снижение ранних форм сифилиса и увеличение его поздних форм [2].

«Концепция развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года» как приоритетное направление деятельности предусматривает внедрение и развитие наукоемких технологий аналитических исследований, методов прогнозирования и моделирования [3, 4]. Одной из ключевых целей при этом является усиление потенциала национальной системы социально-гигиенического мониторинга (СГМ) в рамках риск-ориентированной и профилактической модели надзорной деятельности [5–7].

При ведении СГМ и анализе риска здоровью населения, наряду с применением многомерных методов статистики одним из перспективных инструментов совершенствования аналитического обеспечения исследований в области гигиены и эпидемиологии может стать нейросетевое моделирование, представляющее собой программно реализованные математические модели. Эти модели – массивы взаимосвязанных процессоров, способных решать достаточно сложные задачи при их объединении в сети различной конфигурации [8, 9].

Цель исследования – апробация и оценка точности среднесрочного прогнозирования посредством нейросетевого метода частоты заболеваний сифилисом среди жителей Ростовской области.

Материалы и методы. Аналитические исследования выполнены на основе данных отчетных форм, которые свидетельствуют о зарегистрированных в Ростовской области инфекциях, передающихся половым путем. За период 1990–2022 гг. содержатся сведения о 94 825 впервые выявленных случаях сифилиса. При первичной обработке материалов использован комплекс традиционных методов вариационной статистики. В рамках настоящего исследования была реализована апробация применения искусственных нейронных сетей (ИНС) в целях прогнозирования заболеваемости при ведении социально-гигиенического мониторинга. В работе использовано программное обеспечение собственной разработки, а также профессиональный пакет статистических программ IBM SPSS Statistics (Statistical Package for Social Science), version 19.0. Примененные при прогнозировании заболеваемости сифилисом искусственные нейронные сети сформированы в среде пакета прикладных программ Matlab R2022a; обученные на основе алгоритма Левенберга – Марквардта (Levenberg – Marquardt method), предназначенного для оптимизации пара-

метров нелинейных регрессионных моделей при решении задач о наименьших квадратах [10, 11].

Результаты. Сравнительная оценка точности прогнозов частоты заболеваний сифилисом на 2021 и 2022 гг. (экстраполяционных по теоретическим линиям тенденций, рассчитанных способом наименьших квадратов и полученных с применением ИНС) выполнена на основе динамических рядов годовых показателей частоты заболеваемости сифилисом продолжительностью 15 лет (2006–2020 гг.). А оценка на 2023 и 2024 гг. – на основе временных рядов за 15 лет (2008–2022 гг.). При реализации регрессионной модели осуществлялся выбор из шести функций: прямолинейной, логарифмической, степенной, экспоненциальной, а также парабол 2-го и 3-го порядка. При нейросетевом моделировании применялись ИНС типа Feed forward backprop (сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки) и Cascade-forward backprop (каскадная сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки), задавалось различное количество нейронов в скрытом слое сети (табл. 1).

Сопоставление точности полученных обоими методами среднесрочных прогнозов в отношении фактически зарегистрированной в 2021 и 2022 гг. частоты заболеваемости сифилисом осуществлялась на основе значений их абсолютных (абс.) и относительных (отн %) погрешностей. В табл. 2 представлена сравнительная оценка точности среднесрочных прогнозов методами экстраполяции по теоретическим линиям тенденций, применения ИНС и подтверждена более высокая точность среднесрочных прогнозов, полученных с применением нейросетевого моделирования по большинству из показателей.

Абсолютные погрешности прогнозов на 2021 г. на основе ИНС частоты заболеваний первичным сифилисом половых органов, ранним сифилисом в общем и тремя разновидностями позднего сифилиса – меньше погрешности экстраполяционных прогнозов. Так, абсолютная погрешность полученного на основе нейросетевой модели прогноза частоты заболеваний нейросифилисом с симптомами на 2021 г. в 5,56 раза меньше погрешности экстраполяционного прогноза. Разница относительных погрешностей для них – 413,84 %. При экстраполяционном методе абсолютные погрешности прогноза на 2021 г. частоты заболеваний впервые выявленным сифилисом, вторичным сифилисом кожи и слизистых оболочек, ранним сифилисом скрытым и поздним сифилисом меньше, чем прогнозов на основе ИНС. Абсолютные погрешности прогнозов частоты заболеваний сифилисом сердечно-сосудистой системы на 2021 г., полученные двумя методами, совпадают. В отношении прогнозов на 2022 г. также установлено преимущество нейросетевой модели – во всех случаях, кроме частоты заболеваний впервые выявленным сифилисом, абсолютные погрешности прогнозов на основе ИНС меньше, чем при экстраполяционном прогнозе. Так, абсолютная погрешность полученного на основе нейросетевой модели прогноза частоты заболеваний нейросифилисом с симптомами на 2022 г. в 5,24 раза меньше, чем при экстраполяционном прогнозе (при разнице относительных погрешностей для них 806,95 %).

Также следует отметить, что прогнозы на основе ИНС частоты заболеваний асимптомным нейросифилисом на 2021 г. и сифилисом сердечно-сосудистой системы на 2022 г. полностью соответствуют фактическим значениям.

Таблица 1

Нейросетевые модели многолетней динамики частоты заболеваний сифилисом, зарегистрированных среди жителей Ростовской области

Конфигурация	Период	Впервые выявленный сифилис – всего	Ранний сифилис				Поздний сифилис				
			Первичный сифилис половых органов	Вторичный сифилис кожи и слизистых оболочек	Ранний сифилис скрытый	Ранний сифилис – всего	Сифилис сердечно-сосудистой системы	Нейросифилис с симптомами	Асимптомный нейросифилис	Поздний сифилис скрытый	Поздний сифилис – всего
По данным за 2006–2020 гг.											
Конфигурация ИНС	2021	CF (41) *n*	FF (34) *n*	FF (29) *n*	FF (28) *n*	FF (17) *n*	FF (16) *n*	FF (35) *n*	FF (13) *n*	FF (24) *n*	FF (25) *n*
	2022	FF (45) *n*	FF (23) *n*	FF (41) *n*	FF (40) *n*	FF (34) *n*	FF (22) *n*	FF (47) *n*	FF (20) *n*	FF (39) *n*	FF (44) *n*
По данным за 2008–2022 гг.											
Конфигурация ИНС	2023	FF (39) *n*	FF (21) *n*	FF (36) *n*	FF (41) *n*	FF (48) *n*	FF (17) *n*	FF (32) *n*	FF (27) *n*	FF (46) *n*	FF (27) *n*
	2024	FF (38) *n*	FF (34) *n*	FF (28) *n*	FF (27) *n*	FF (30) *n*	FF (41) *n*	CF (24) *n*	FF (28) *n*	FF (20) *n*	FF (39) *n*

Примечание: FF – сеть типа Feed forward backprop, CF – сеть типа Cascade-forward backprop, (…) *n* – количество нейронов в скрытом слое.

Таблица 2

Сравнительная оценка точности среднесрочных прогнозов методами экстраполяции по теоретическим линиям тенденций и применения искусственных нейронных сетей

Прогноз	Период	Впервые выявленный сифилис – всего	Ранний сифилис				Поздний сифилис				
			Первичный сифилис половых органов	Вторичный сифилис кожи и слизистых оболочек	Ранний сифилис скрытый	Ранний сифилис – всего	Сифилис сердечно-сосудистой системы	Нейросифилис с симптомами	Асимптомный нейросифилис	Поздний сифилис скрытый	Поздний сифилис – всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прогноз на основе ИНС по данным за 2006–2020 гг.	2021	9,830	0,210	1,329	1,590	2,670	0,014	0,824	0,001	2,520	4,568
	2022	8,080	0,140	1,313	1,478	2,660	0	0,705	0,037	3,130	4,570

Окончание табл. 2

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прогноз на основе ИНС по данным за 2008–2022 гг.		2023	8,820	0,137	1,479	1,463	2,627	0	0,316	0	2,696	4,467
		2024	8,560	0,269	0,763	1,663	2,632	0	0,247	0,103	2,838	4,245
Прогноз на основе регрессионной модели по данным за 2006–2020 гг.		2021	9,335	0,301	1,116	2,074	3,485	0,017	2,604	0,023	1,606	3,880
		2022	8,208	0,283	1,038	1,940	3,248	0,017	2,648	0,025	1,725	4,020
Прогноз на основе регрессионной модели по данным за 2008–2022 гг.		2023	6,555	0,156	0,975	1,611	2,813	0,007	0,541	0,082	2,957	4,142
		2024	5,620	0,145	0,932	1,522	2,661	0,007	0,510	0,090	3,189	4,216
Фактические значения		*2021*	*8,219*	*0,024*	*0,454*	*1,864*	*2,342*	*0,024*	*0,430*	*0,000*	*3,417*	*3,966*
		2022	*8,980*	*0,289*	*1,300*	*1,300*	*2,889*	*0,000*	*0,241*	*0,241*	*3,780*	*4,309*
Погрешность прогноза на основе регрессионной модели	2021	абс.	1,12	0,28	0,66	0,21	1,14	0,01	2,17	0,02	1,81	0, 90
		отн. %	13,57	1157,92	145,77	11,28	48,82	30,91	505,43	н/о	53,01	2,17
	2022	абс.	0,77	0,01	0,26	0,64	0,36	0,02	2,41	0,22	2,06	0,29
		отн. %	8,59	2,08	20,16	49,25	12,44	н/о	999,79	89,44	54,37	6,72
Погрешность прогноза на основе ИНС	2021	абс.	1,61	0,19	0,88	0,27	0,33	0,01	0,39	0,00	0,90	0,60
		отн. %	19,60	778,90	192,75	14,69	14,03	41,41	91,59	н/о	26,25	15,18
	2022	абс.	0,90	0,15	0,01	0,18	0,23	0,00	0,46	0,20	0,65	0,26
		отн. %	10,02	51,54	1,00	13,69	7,92	н/о	192,84	84,63	17,19	6,04

Таким образом, результаты апробации и сравнительного анализа среднесрочных прогнозов частоты заболеваний сифилисом, зарегистрированных среди жителей Ростовской области, свидетельствуют о более высокой их точности, особенно в отношении его поздних форм, при использовании метода с применением ИНС. Это позволяет рекомендовать проведение дальнейшей апробации метода при решении различных типов задач и при положительных ее результатах – широкое внедрение нейронных сетей в технологии аналитических исследований при ведении СГМ.

Список литературы

1. Баянова Т.А., Ботвинкин А.Д., Куприянова Н.Ю. Социально значимые заболевания. Эпидемиология и профилактика инфекционных заболеваний: туберкулез, ВИЧ-инфекция, гепатиты В, С. – Иркутск: ИГМУ, 2015. – 49 с.

2. Эпидемиологический риск как критерий прогнозирования уровня заболеваемости сифилисом в Ростовской области / Д.В. Темников, М.А. Гомберг, Б.И. Марченко, В.Е. Темников, Е.В. Темникова // Клиническая дерматология и венерология. – 2022. – Т. 21, № 4. – С. 474–478. DOI: 10.17116/klinderma202221041474

3. Информационно-аналитическая поддержка управления риском для здоровья населения на основе реализации концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года / А.Ю. Попова, С.В. Кузьмин, В.Б. Гурвич [и др.] // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2019. – № 9 (318). – С. 4–12. DOI: 10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12

4. Приоритеты научной поддержки деятельности санитарно-эпидемиологической службы в области гигиены: поиск ответов на известные угрозы и новые вызовы / А.Ю., Попова Н.В. Зайцева, С.В. Кузьмин, И.В. Май // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 1. – С. 4–14. DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.01

5. Развитие методологии анализа риска здоровью в задачах государственного управления санитарно-эпидемиологическим благополучием населения / Н.В. Зайцева, Г.Г. Онищенко, И.В. Май, П.З. Шур // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 3. – С. 4–20. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.01

6. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья / А.Ю. Попова, В.Б. Гурвич, С.В. Кузьмин, С.В. Мишина, С.В. Ярушин // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 12. – С. 1125–1129. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129

7. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования / Ю.А. Рахманин, С.М. Новиков, С.Л. Авалиани, О.О. Синицына, Т.А. Шашина // Анализ риска здоровью. – 2015. – № 2. – С. 4–11. DOI: 10.21668/health.risk/2015.2.01

8. Гафаров Ф.М., Галимянов А.Ф. Искусственные нейронные сети и приложения. – Казань: Издательство Казанского университета, 2018. – 121 с.

9. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 382 с.

10. Червяков Н.И., Тихонов Э.Е. Применение нейронных сетей для задач прогнозирования и проблемы идентификации моделей прогнозирования на нейронных сетях // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2003. – № 10–11. – С. 25–31.

11. Пархоменко С.С., Леденёва Т.М. Обучение нейронных сетей методом Левенберга – Марквардта в условиях большого количества данных // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2014. – № 2. – С. 98–106.

Риск-ориентированный подход к проведению мониторинга комаров рода *Aedes* на основе интернет-ресурса Zika Map

Д.А. Прислегина

ФКУЗ «Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора,
г. Ставрополь, Россия

Представлены результаты изучения биологических, природно-климатических и социальных предпосылок к возникновению аутохтонных случаев заболевания лихорадкой денге на территории Черноморского побережья Российской Федерации. Продемонстрирован алгоритм применения интернет-ресурса Zika Map, разработанного для анализа данных мониторинга комаров рода *Aedes* (переносчиков арбовирусов) в режиме реального времени, и решаемые им задачи. Представлены результаты практического использования этого ресурса (2016–2022 гг.) учреждениями Роспотребнадзора Краснодарского края и Республики Крым для контроля за численностью и распространением *Aedes albopictus* на территории эпидемически значимых объектов и других биотопов на основе риск-ориентированного подхода.

Ключевые слова: лихорадка денге, факторы риска, интернет-ресурс Zika Map.

Лихорадка денге представляет серьезную угрозу здравоохранению стран тропических и субтропических регионов [1, 2]. Завозные случаи этой тяжелой трансмиссивной инфекции ежегодно регистрируются во многих субъектах Российской Федерации [1]. Однако особую опасность лихорадка денге представляет для территории Черноморского побережья нашей страны ввиду наличия специфических переносчиков ее возбудителя – комаров рода *Aedes.* Так, *Aedes albopictus*, впервые обнаруженные на территории г. Сочи в 2011 г., в настоящее время ежегодно регистрируются на всей территории Причерноморского региона Краснодарского края [2–4]. Сохраняется риск повторного появления *Aedes aegypti*, которые после проведения широкомасштабных противокомариных мероприятий в 30–40 гг. XX в. вновь были обнаружены в г. Сочи (2001–2004 гг.) и на участке Туапсе – Сухуми (2007 г.) [3, 4]. Климатические особенности региона, в свою очередь, аналогичны условиям европейских стран (Италии, Испании, Хорватии, Португалии и Франции), где были официально зарегистрированы аутохтонные случаи этого опасного инфекционного заболевания [2]. В связи с этим особое внимание в рамках решения задач риск-ориентированного надзора за трансмиссивными арбовирусными инфекциями в субъектах Причерноморского региона нашей страны уделяется проведению предэпидемической диагностики (выявлению предпосылок и предвестников осложнения эпидемиологической ситуации), в том числе мониторингу комаров рода *Aedes*, на основе применения современных информационных технологий.

Цель исследования – представить результаты риск-ориентированного подхода к проведению мониторинга комаров рода *Aedes* на основе интернет-ресурса Zika Map – как элемента оптимизации эпидемиологического надзора за лихорадкой денге на территории Черноморского побережья Российской Федерации.

Материалы и методы. Исследование носило комплексный характер с применением эпидемиологического и картографического методов. Источниками сведений по заболеваемости лихорадкой денге послужили материалы из предоставленных Управлениями Роспотребнадзора в субъектах Южного и Северо-Кавказского федеральных округов форм федерального государственного статистического наблюдения № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях» с 2013 г. по 2022 г.

Мониторинг *Ae. albopictus* в 2016–2022 гг. проводился на территории городских округов-курортов Краснодарского края (Сочи, Новороссийска, Анапы, Туапсинского муниципального района) и Республики Крым. Результаты для оперативного анализа данных вносились в учетные формы интернет-ресурса Zika Map, разработанного сотрудниками ФКУЗ «Ставропольский противочумный институт» Роспотребнадзора (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2023662204, 07.06.2023[1]).

Также в работе использовались архивные сведения метеостанций Краснодарского края и Республики Крым (https://rp5.ru) и данные Управления Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея за 2013–2022 гг.

Результаты. Всего с 2013 по 2022 г. на территории юга России был выявлен 31 завозной случай лихорадки денге. Проявления эпидемического процесса отмечались в шести субъектах, большинство больных было зарегистрировано в Волгоградской области и Краснодарском крае (рис. 1).

Рис. 1. Завозные случаи заболевания лихорадкой денге в субъектах юга России (2013–2022 гг.)

[1] Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2023662204, 07.06.2023. ФКУЗ Ставропольский противочумный институт Роспотребнадзора [Электронный ресурс]. – URL: http://snipchi.ru/page.php?326 (дата обращения: 30.07.2023).

При этом 32,3 % от общего числа заболевших были выявлены в городских округах Черноморского побережья (в г. Сочи и г. Анапе), расположенных в пределах ареала комаров *Ae. albopictus* – переносчиков вируса денге, что можно считать одним из факторов риска возникновения аутохтонных случаев.

К другим биологическим предпосылкам возможного осложнения эпидемиологической ситуации были отнесены:

– рост численности и расширение площади распространения комаров этого вида [3–6];

– риск повторного появления *Ae. aegypti* [3];

– возможность завоза инфицированных *Ae. albopictus* из эндемичных регионов посредством каботажных судов.

Природно-климатические факторы риска представлены гидрометеорологическими условиями Причерноморского региона, благоприятными как для активной жизнедеятельности комаров рода *Aedes,* так и для трансмиссии ими арбовирусов [2]. Так, по данным метеостанций, средние значения зимних температур воздуха в городах курортах не опускаются ниже 0 °С, а средняя температура воздуха в течение июня – сентября находится в пределах не менее +22 °С (достаточных для репликации вируса денге в *Ae. albopictus*, зачастую достигая оптимума +26,4 °С). Среднегодовые суммы осадков также соответствуют необходимым показателям – не менее 450–500 мм (табл. 1).

Таблица 1

Значения среднегодовой суммы выпавших осадков на территории городских округов курортов Краснодарского края (2013–2022 гг.)

Наименование субъекта	Год									
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Сочи	1819	1505	764	824	949	1605	1419	1004	2016	1766
Анапа	757	610	468	709	638	592	490	452	1007	752
Новороссийск	465	731	694	608	566	940	669	584	1406	739
Туапсе	1537	1408	1280	1398	1222	1641	1062	965	1592	1532

Но особый интерес представляют социальные факторы риска (непосредственного завоза больных лихорадкой денге). К ним в первую очередь следует отнести интенсивную миграцию населения из эндемичных по арбовирусным лихорадкам регионов. Согласно данным Росстата в Краснодарский край с целью трудоустройства в городах-курортах, в том числе сезонного (плетение «африканских» косичек, розничная торговля сувенирами и т.д.), ежегодно приезжают более тысячи жителей стран Африки и Юго-Восточной Азии (рис. 2).

Постоянный высокий риск прибытия больных лихорадкой денге (как мигрантов, так и граждан России, вернувшихся с отдыха за рубежом) также обусловлен наличием трех международных аэропортов – в г. Сочи, Анапе, Симферополе и пяти морских портов (в г. Новороссийске, Туапсе, Сочи, Анапе и Ялте).

Определенную опасность возникновения эпидемиологических осложнений также представляют расположенные в Причерноморском регионе многочисленные летние базы отдыха вузов с международными факультетами (вероятность завоза вернувшимися с каникул из эндемичных регионов иностранными студентами).

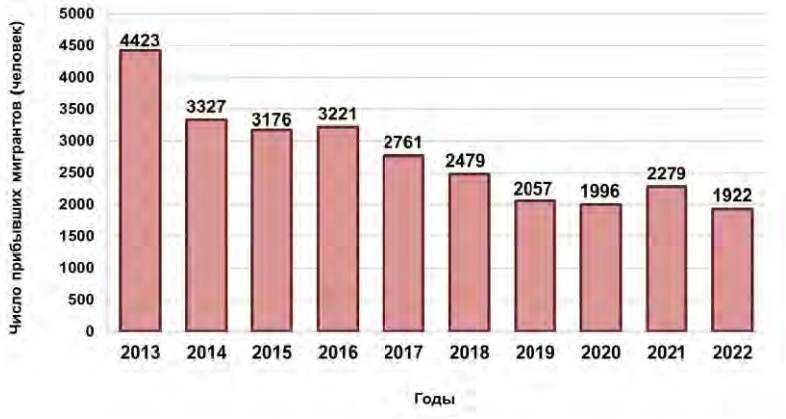


Рис. 2. Число мигрантов из стран дальнего зарубежья, прибывших на территорию Краснодарского края (2013–2022 гг.)

Но наибольший риск связан с ежегодным проведением в г. Сочи различных широкомасштабных мероприятий с международным участием (чемпионаты, форумы, фестивали и т.д.).

В связи с этим своевременное обнаружение *Ae. albopictus* на территории так называемых эпидемиологически значимых объектов (ЭЗО) и в пределах радиуса разлета комаров от них (500 м) для экстренного последующего проведения локальных действий инсектицидных обработок требует особого внимания. К ЭЗО в данном случае были отнесены организации и учреждения с наибольшей вероятностью регистрации завозного случая лихорадки денге или обращения такого больного за медицинской помощью:

– аэропорт;

– морской порт;

– лечебно-профилактические организации;

– крупные гостиничные комплексы и базы отдыха.

Задача оперативного анализа результатов мониторинга *Ae. albopictus* успешно решается на основе использования интернет-ресурса Zika Map, функционирующего в режиме реального времени [5, 6]. Алгоритм работы включает в себя пять взаимосвязанных этапов:

– энтомологическое обследование территории и учет *Ae. albopictus* на стационарных точках наблюдения;

– заполнение учетных форм интернет-ресурса Zika Map и визуализация данных на карте;

– непосредственный оперативный картографический анализ результатов мониторинга (численности и мест выявления комаров);

– экстренное информирование о случаях обнаружения имаго (личинок) *Ae. albopictus* на территории ЭЗО;

– принятие управленческих решений по экстренной коррекции плана инсектицидных (ларвицидных) обработок;

– непосредственное проведение дезинсекционных мероприятий с последующим постобработочным контролем.

Первый и второй этапы выполняются специалистами ФКУЗ «Противочумная станция» Роспотребнадзора и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» в Краснодарском крае (его филиалов в городах-курортах) и Республике Крым непосредственно с их рабочих мест (предусмотрен ввод данных в полевых условиях с любых мобильных устройств при наличии доступа в сеть Интернет). Картографический анализ информации проводится сотрудниками ФКУЗ «Ставропольский противочумный институт» Роспотребнадзора с последующей экстренной передачей результатов (с соответствующими рекомендациями) в Управления Роспотребнадзора по Краснодарскому краю и Республике Крым для дальнейших управленческих решений.

Географическая привязка данных и масштабируемость карты обеспечивают точность визуализации мест выплода комаров до номера дома или строения.

Заполнение учетных форм интернет-ресурса Zika Map и оценка сведений в 2016 г. и во время массовых мероприятий с международным участием в г. Сочи (матчей Кубка конфедераций и Чемпионата мира по футболу FIFA) в 2017–2018 гг. проводились ежедневно, в остальной период – еженедельно (рис. 3) [5, 6].

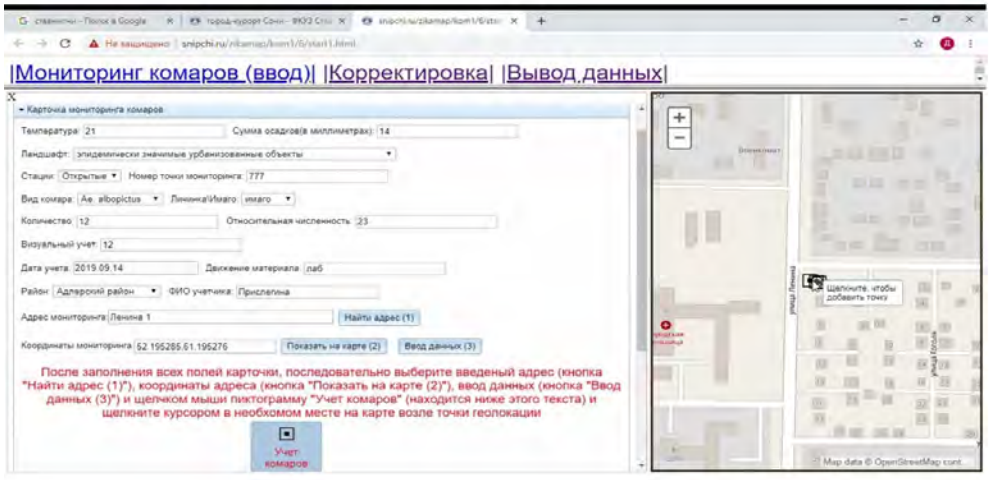


Рис. 3. Учетные формы интернет-ресурса Zika Map

Результаты анализа полученных данных свидетельствуют, что основным местом выплода и лёта *Ae. albopictus* являлись городские кладбища и лесопарковые зоны вне населенных пунктов. Но единичные особи комаров этого вида также ежегодно регистрировались на территории ЭЗО Черноморского побережья Краснодарского края:

– в г. Сочи: на участке кладбища Центрального района, расположенном в 500 м от больничного городка, детской больницы и родильного дома (2017 г.) и на территории международного аэропорта (2018, 2019 гг.);

– в г. Туапсе: в зоне озеленения районных больниц (2018–2022 гг.), студенческих спортлагерей «Политехник» (2018–2019, 2021–2022 гг.) и «Сеченовец» (2021 г.);

– в г. Новороссийске: на территории городской поликлиники (2019 г.);

– в г. Анапе: на территории парковой зоны дома отдыха «Пограничник России» (2021 г.).

Так, в каждом из этих случаев отлова *Ae. albopictus* для предотвращения возможного осложнения эпидемиологической ситуации по лихорадке денге на территории ЭЗО были экстренно проведены локальные дезинсекционные обработки с последующим обязательным постобработочным контролем для оценки их эффективности.

В Республике Крым *Ae. albopictus* регистрируются с 2019 г., всего было отловлено 174 имаго (табл. 2). На территории ЭЗО комары этого вида обнаружены не были.

Граница ареала на территории Крымского полуострова расширилась по сравнению с 2019 г. на 68 км (табл. 3).

Таблица 2

Результаты мониторинга *Ae. albopictus* в субъектах Крымского полуострова с 2016 по 2022 г. (отловлено экз.)

Субъект	Год							Всего
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Ялта	0	0	0	2	21	47	64	134
Алушта	0	0	0	0	4	19	12	35
Алупка	0	0	0	0	0	0	5	5
Всего	0	0	0	2	25	66	81	174

Таблица 3

Изменение границ ареала *Ae. albopictus* на территории Республики Крым с 2019 по 2022 г.

Год	Направление расширения ареала	Площадь изменения ареала (км)	Крайняя точка	Координаты
2019–2020	На севере	–	Ялта	44°29′ с. ш. 34°09′ в. д.
2021	В северо-восточном направлении	28	Алушта	44°40′ с. ш. 34°23′ в. д.
2022	Юго-западном направлении	40	Алупка	44°25' с. ш. 34°02' в. д.

Таким образом, кроме оперативного мониторинга комаров, Zika Map также используется для сравнительного анализа численности и оценки изменения ареала *Ae. albopictus* в динамике (на основе сведений, хранящихся в его базе данных) с целью повышения научной обоснованности и рациональности планирования энтомологического обследования территории и профилактических мероприятий.

Выводы. Применяемый подход к проведению оперативного анализа данных по распространению *Ae. albopictus* на основе интернет-ресурса Zika Map продемонстрировал свою эффективность. Наличие постоянно действующих факторов риска осложнения эпидемиологической ситуации по лихорадке денге на территории Черноморского побережья Российской Федерации свидетельствует о целесообразности продолжения мониторинга комаров в режиме реального времени для современного предотвращения появления аутохтонных случаев этой опасной инфекции.

Список литературы

1. Лихорадка денге с летальным исходом / А.П. Надеев, Ю.Г. Мальцева, Е.Ю. Шишкина [и др.] // Архив патологии. – 2020. – Т. 82, № 1. – С. 52–55.

2. Вирусные инфекции, переносимые комарами, – риски возникновения аутохтонных случаев заболевания в Краснодарском крае (систематический обзор) / С.В. Леншин, И.В. Патраман, С.В. Альховский, О.И. Вышемирский // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2021. – Т. 20, № 3. – С. 129–138.

3. Рославцева С.А., Фролова А.И., Алексеев М.А. Вновь о распространении инвазивных видов комаров в Европе и России // Дезинфекционное дело. – 2021. – № 2. – С. 36–43.

4. Бега А.Г., Москаев А.В., Гордеев М.И. Экология и распространение инвазивного вида комаров *Aedes albopictus* (Skuse, 1895) на юге Европейской части России // Российский журнал биологических инвазий. – 2021. – Т. 14, № 1. – С. 27–37.

5. Мониторинг за комарами – переносчиками опасных арбовирусов на основе использования интернет-ресурса ZikaMap / Д.А. Прислегина, О.В. Малецкая, В.М. Дубянский [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. – 2023. – Т. 31, № 7. – С. 75–82.

6. Прислегина Д.А., Дубянский В.М., Куличенко А.Н. Особо опасные арбовирусные лихорадки на юге России: совершенствование мониторинга с применением современных информационных технологий // Медицина труда и экология человека. – 2019. – № 1. – С. 49–57.

Развитие ГИС-технологий в системе эпидемиологического мониторинга инфекционной и паразитарной заболеваемости на примере «Эпидемиологического атласа ПФО»

С.А. Сарсков, М.В. Вьюшков

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени академика И.Н. Блохиной» Роспотребнадзора,
г. Нижний Новгород, Россия

Рассмотрен опыт разработки представления и визуализации статистической информации об инфекционных и паразитарных болезнях на основе ГИС «Эпидемиологический атлас ПФО».

Ключевые слова: медицинская география, эпидемиологический мониторинг, эпидемиологический атлас.

На сегодняшний день проводится все больше исследований с помощью ГИС-технологий, создаются эпидемиологические атласы, Web-приложения эпидемиологического характера как отдельного региона, так и масштаба всей страны. Необходимо сказать, что геоинформационное обеспечение мониторинга инфекционных болезней

является одной из задач службы Роспотребнадзора и одним из приоритетных научных направлений ФБУН ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной Роспотребнадзора.

Начальный этап исследования возможностей применения геоинформационных технологий для анализа эпидемиологической ситуации по инфекционной и паразитарной заболеваемости в институте начался в 2000-е гг. Основой для такого исследования были работы Верхневолжского аэрогеодезического предприятия по созданию атласа «Российская Федерация. Приволжский федеральный округ» в полиграфическом и электронном виде [1, 2], а затем и геоинформационной системы органов государственной власти Приволжского федерального округа (ПФО) [3], с одной стороны, а также эпидемиологический мониторинг инфекционной заболеваемости населения – с другой. Отработка методологических основ разработки и функционирования ГИС для целей мониторинга за эпидемиологической ситуацией [4], а также методологии проведения ретроспективного анализа инфекционной заболеваемости стали фундаментом для выполнения НИР «Разработка геоинформационного проекта “Электронный эпидемиологический атлас Приволжского федерального округа”» (рис. 1) в рамках Отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2011–2015 гг. [5]. Атлас стал одним из инструментов по мониторингу инфекционной заболеваемости на региональном уровне [6]. Данный геоинформационный проект представлял собой обновляющуюся систему, аккумулирующую данные по инфекционной заболеваемости 123 нозологиями населения муниципальных районов 14 субъектов Российской Федерации в Приволжском федеральном округе. Наполнение базы данных проходило за счет информации, предоставляемой как ЦГиЭ и территориальными управлениями Роспотребнадзора субъектов округа, так и научными организациями и референс-центрами (для специализированных разделов эпидемиологического атласа).

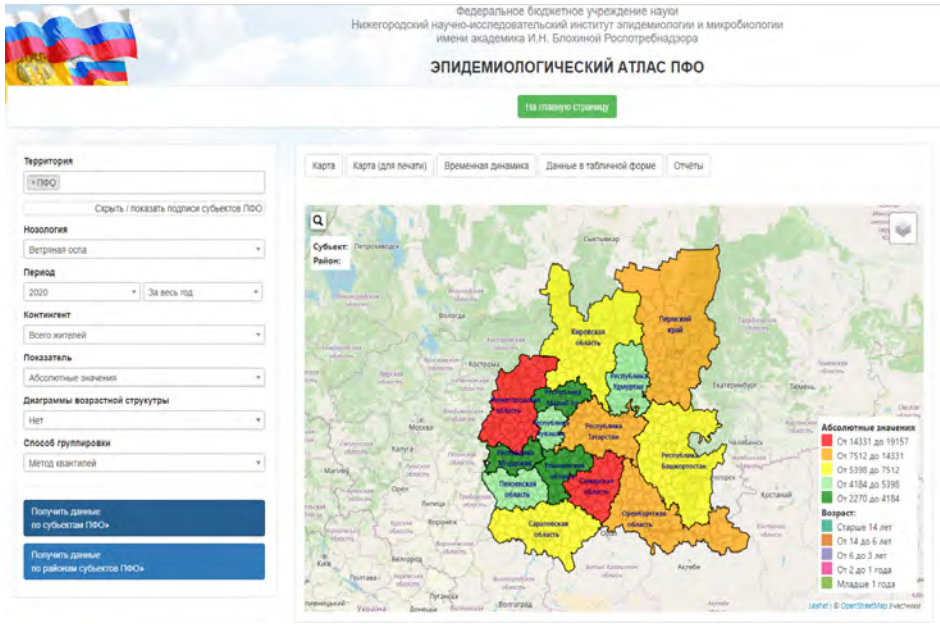


Рис. 1. Электронный эпидемиологический атлас Приволжского Федерального округа

Территориальный охват ГИС «Эпидемиологический атлас ПФО» – Приволжский федеральный округ. В качестве картографической основы использовался открытый картографический сервис OpenStreetMap. Система условных знаков на тематических картах в основном представлена привязанными к административным границам площадными условными знаками в виде заливок различного цвета.

Атлас содержит информацию о заболеваемости всеми инфекционными и паразитарными заболеваниями, отраженной в форме федерального статистического наблюдения № 2. Заболеваемость представляется как в абсолютных, так и в относительных значениях. Пространственная детализация информации – до уровня муниципального района; временная детализация информации о количестве заболевших по возрастным группам – один месяц; временная детализация информации о численности населения по возрастным группам – один год.

В разделе «Анализ и экспорт данных» реализована подсистема формирования ориентировочного варианта помесячного прогноза в текущем году в виде графиков и таблиц по каждой инфекции. Опыт создания и эксплуатации электронного эпидемиологического атласа ПФО подтвердил актуальность данного направления для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, востребованность полученных результатов практическим звеном организаций здравоохранения и Роспотребнадзора.

Учитывая сложившуюся тенденцию в использовании геоинформационных технологий в эпидемиологии, имеющегося в институте опыта разработки и применения ГИС «Эпидемиологический атлас ПФО», дальнейшего ее совершенствования и расширения функций для применения в других федеральных округах, были сформулированы основные направления дальнейшей работы [7, 8].

Новым этапом развития ГИС-технологий в системе эпидемиологического мониторинга стала разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Эпидемиологический атлас России». Главной целью комплекса является совершенствование методов аналитической обработки и представления статистической информации об инфекционных и паразитарных болезнях на основе ГИС «Эпидемиологический атлас России» для использования в системе мониторинга, лабораторной диагностики инфекционных и паразитарных болезней и индикации патогенных биологических агентов в Российской Федерации.

В процессе работы были решены задачи по выбору и обоснованию критериев эффективности и качества разрабатываемого комплекса, определению структуры входных и выходных данных, обоснованию целесообразности применения ранее разработанных программ, определению требований к техническим средствам, а также стадий, этапов и сроков разработки программы и документации на нее, согласованию и утверждению технического задания.

В соответствии с Концепцией создания территориально распределенный геоинформационный программный комплекс «Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации» (ГИС «Эпидемиологический атлас России») [2–4] реализован в виде трех основных программных продуктов: AtlasTest – программа инфраструктурного обеспечения, реализующая функции ввода информации, ее контроль и корректировка, формирование и хранение баз данных, обеспечение функционирования (инфраструктурное обеспечение); СУБД MySQL – хранение баз данных и управление базами данных; AtlasNew – основной модуль ГИС «Эпидемиологический атлас России». Данный модуль входит в программный комплекс

и представляет собой Web-приложение представления и визуализации информации по инфекционным и паразитарным заболеваниям в субъектах округа, по федеральным округам и по Российской Федерации в целом. Все результаты визуализации являются динамически обновляемыми и формируются каждый раз на основе результата запроса пользователя. При создании Web-приложения использовался язык гипертекстовой разметки HTML, формальный язык описания внешнего вида документа CSS, язык программирования JavaScript, объектно-ориентированные языки высокого уровня PHP, SQL. Для функционирования программы был осуществлен постоянный доступ к картографической библиотеке Leaflet и картографическому ресурсу OpenStreetMap. В связи с развитием web-ГИС и геопорталов в условиях доступа к ним неограниченного числа пользователей, не имеющих опыта работы с геоинформационными системами, повысилось значение интерфейсов пользователя. На основе многокритериальной оценки пользовательских интерфейсов портальных проектов [9] была разработана система критериев оценки интерфейсов проблемно-ориентированных web-ГИС медико-эпидемиологического назначения для применения ее при разработке интерфейса Web-приложения. С целью сохранения узнаваемости основной дизайн интерфейса выполнен достаточно близко к «Эпидемиологическому атласу ПФО».

В соответствии с Концепцией создания территориально распределенного геоинформационного программного комплекса предусмотрено два уровня реализации и, соответственно, разработка двух подсистем, федерального округа и Российской Федерации.

На уровне федерального округа создана подсистема «Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации. Территория федерального округа» (рис. 2). Для быстродействия и универсальности системы был выполнен анализ структуры баз данных ГИС «Эпидемиологический атлас ПФО» и выработаны решения по новой структуре баз данных [7, 10].

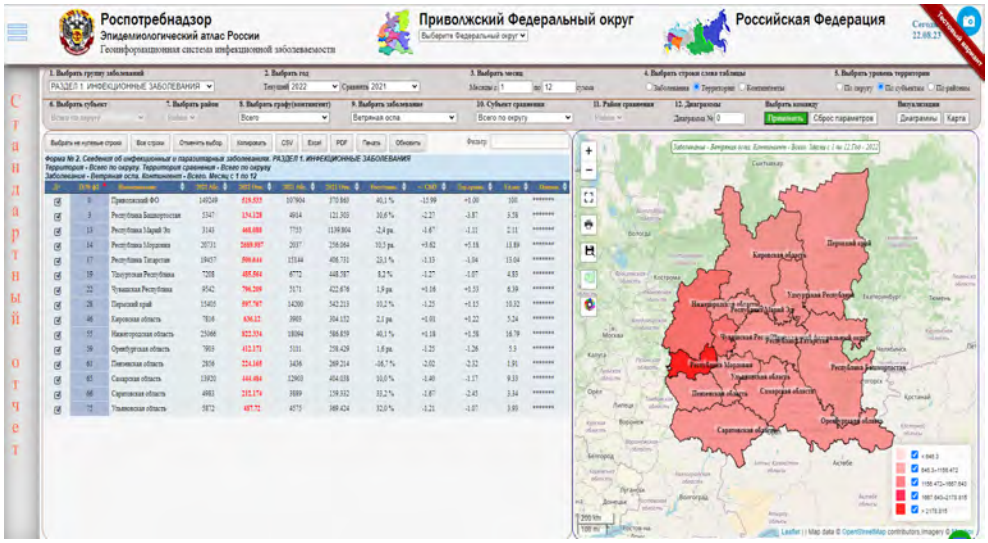


Рис. 2. Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации. Территория федерального округа

Главным преимуществом новой структуры является то, что база данных универсальна для всех округов, не зависит от количества субъектов в округе, позволяет изменять состав, структуру округов или субъектов Российской Федерации. Это, в свою очередь, дает возможность провести практически без изменений тиражирование и установку системы во всех округах Российской Федерации или создать интегрированную базу данных в целом по России [11]. «Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации. Территория федерального округа» представляет собой переработанный «Эпидемиологический атлас ПФО» со следующими отличительными характеристиками:

1. Возможность изменения каких-либо параметров программы без участия разработчика, например, при изменениях в законодательстве. Для этого в модуле прикладной программы по обслуживанию комплекса реализованы функции управления основной системой (настройка, редакция, обновление, обслуживание базы данных) без участия программиста.

2. Обеспечивается полная автономность работы без участия разработчиков. Новая версия имеет частичный механизм самовосстановления при каких-либо непредвиденных сбоях.

3. Система легка в обучении и использовании: рядовой сотрудник может научиться выполнять свои обязанности при ее помощи за максимально короткое время. Результаты выбранных операций предсказуемы.

4. Имеется конструктор табличных отчетных форм, которые могут быть изменены с учетом выбранных пользователем параметров.

5. Имеется расширенный набор показателей для углубленного эпидемиологического анализа.

6. Применена новая организация структуры базы данных, она нормализована, в таблицах нет пустых ячеек.

7. Модуль приема данных основан на обмене файлами специальной структуры с использованием унифицированных кодировок и единых справочников, снабжен горизонтальным и вертикальным контролем ввода информации.

На уровне Российской Федерации разрабатывается подсистема «Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации. Территория Российской Федерации» (рис. 3). Территориальный охват – Российская Федерация; пространственная детализация информации – до уровня субъекта РФ; временная детализация информации о количестве заболевших по возрастным группам – один месяц. Атлас содержит информацию о заболеваемости всеми инфекционными и паразитарными заболеваниями, отраженной в форме федерального статистического наблюдения № 1 и № 2. База данных содержит информацию за период 1998–2022 гг.

Подсистемы обоих уровней реализуют следующие функции: генерация на основе запросов картографических и табличных материалов; анализ эпидемиологических данных (классификации территорий по выбранному атрибутивному показателю, формирование выборок, анализ внутригодовой и многолетней динамики и д.р.); экспорт графического представления данных (карты-схемы, графики, диаграммы) и табличных данных в форматах XLS, PDF и CSV.

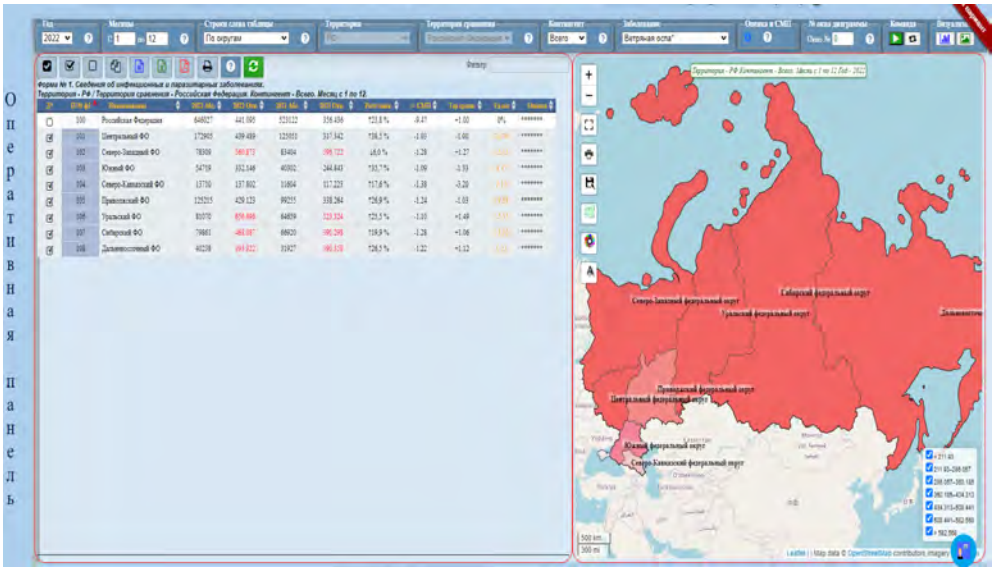


Рис. 3. Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации. Территория Российской Федерации

«Эпидемиологический атлас ПФО» является примером осуществления мониторинга инфекционной и паразитарной заболеваемости, статистического анализа и картографической визуализации данных, а разрабатываемый территориально распределенный геоинформационный программный комплекс – это очередной этап развития в институте данного научного направления.

В настоящее время ведутся работы по наполнению базы данных комплекса, проверки всех основных программных продуктов, готовности информационной базы, отладки процесса сбора и обработки информации. ГИС «Эпидемиологический атлас России» может стать многофункциональным, информативным инструментом в работе эпидемиологов в направлении мониторинга и анализа эпидемиологической ситуации, а также принятия оперативных управленческих решений.

Список литературы

1. Российская Федерация. Приволжский федеральный округ: атлас / под ред. В.Ю. Зорина, Г.Г. Побединского, М.А. Базиной, М.Э. Барциц, И.А. Войташ С.М. Гомоновой, Л.В. Корниловой, Л.А. Пашиной [и др.]. – Нижний Новгород: Верхневолжское АГП, 2001. – 52 с. EDN: XUWLZB

2. Побединский Г.Г. Электронный атлас «Российская Федерация. Приволжский федеральный округ» // Электронная Земля, Электронная Россия, Электронная Москва: методология и технология: материалы I Общероссийского научно-практического семинара / научный редактор А.И. Мартыненко. – М.: ИПИ РАН, 2002. – С. 67–71. ISBN: 5-902030-05-6. EDN: UVGLFQ

3. Концепция ГИС – органов государственной власти Приволжского федерального округа / Г.Г. Побединский, Л.В. Корнилова, Т.И. Шкидина, В.А. Пуляев-

ский // Великие реки – 2005: Международный научно-промышленный форум. Тезисы докладов. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2005. – Т. 1. – С. 344–346. ISBN: 5-87941-389-6. EDN: XQHKYX

4. Ефимов Е.И., Еруков С.В., Ершов В.И. Методологические основы разработки и функционирования географической информационной системы для целей мониторинга за эпидемиологической ситуацией // Научное обеспечение противоэпидемической защиты населения: материалы юбилейной всероссийской научно-практической конференции. – Нижний Новгород: ННИИЭМ, 2009. – С. 72–73. EDN: VVYFSZ

5. Разработка геоинформационного проекта – электронный эпидемиологический атлас Приволжского федерального округа (ПФО) (2011–2015 гг.) отчет о НИР (заключ.) [Электронный ресурс] / В.И. Ершов, Л.А. Солнцев, Н.Н. Зайцева, С.Ю. Кашников, Н.Е. Мартынова. – Нижний Новгород: ФБУН ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной, 2015. – 34 с. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41255486 (дата обращения: 20.06.2023).

6. Электронный эпидемиологический атлас Приволжского федерального округа [Электронный ресурс]. – URL: http://epid-atlas.nniiem.ru/ (дата обращения: 20.06.2023).

7. Разработка методических подходов к созданию ГИС «Эпидемиологический атлас России»: отчет о НИР (промежут.) [Электронный ресурс] / Г.Г. Побединский, В.И. Ершов, М.В. Вьюшков, С.А. Сарсков, Ю.Р. Белых. – Нижний Новгород: ФБУН ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной, 2019. – 116 с. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=41681676 (дата обращения: 20.06.2023).

8. Побединский Г.Г., Сарсков С.А. Геоинформационные системы и технологии в противоэпидемической практике. Интеграция пространственных данных в целях эпидемиологического мониторинга территорий. – Нижний Новгород: ФБУН ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной, 2019. – 59 с. DOI: 10.36535/0202-6120-2020-01-118-2019

9. Шмелев А.Г. Многокритериальная оценка пользовательских интерфейсов портальных проектов // Интернет–порталы: содержание и технологии. – Т. 2. – М.: Просвещение, 2004. – С. 346–361.

10. Структура баз данных ГИС «Эпидемиологический атлас России» [Электронный ресурс] / Е.И. Ефимов, Г.Г. Побединский, М.В. Вьюшков, С.А. Сарсков // Программа научного конгресса форума «Великие реки – 2020». – URL: http://www.nngasu.ru/about/cooperation/ForumXXII.php (дата обращения: 20.06.2023).

11. Геоинформационные технологии в эпидемиологии – актуальное научное направление деятельности ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной / М.В. Вьюшков, Н.Н. Зайцева, Е.И. Ефимов, Л.С. Китаева, Г.Г. Побединский, С.А. Сарсков // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2021. – № 4 – С. 31–42.

Обеспечение информационной безопасности в организациях Роспотребнадзора на примере ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области»

Е.М. Студеникина[1,2], А.О. Клепиков[3]

[1]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» Роспотребнадзора,
[2]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Минздрава России,
[2]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,
г. Воронеж, Россия

Выполнен анализ реализуемых мероприятий по защите информации в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области».

Предложен план мероприятий по обеспечению информационной безопасности в организации, включающий меры по защите информации периметра информационной инфраструктуры и информационно-телекоммуникационных сетей, защите информации для автоматизированных рабочих станций, почтового сервера организации, публичного сайта организации, предотвращение утечки информации и несанкционированного доступа к ней, а также по организации и проведению организационно-методической поддержки филиалов.

Ключевые слова: информационная безопасность, Роспотребнадзор, план мероприятий.

Как известно, под информационной безопасностью (англ. Information Security, а также – англ. InfoSec) в общем смысле подразумевается предотвращение несанкционированного доступа, использования, раскрытия, искажения, изменения, исследования, записи или уничтожения информации.

Актуальность обеспечения информационной безопасности практически в любой сфере деятельности не вызывает сомнений и специальных комментариев не требует [1–7].

В Российской Федерации принципы правового регулирования отношений в сфере информации, информационных технологий и защиты информации определены Федеральным законом от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ (ред. от 31.07.2023) «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», а в ст. 2 дано универсальное определение: «Информация – это сведения (сообщения, данные) независимо от формы их представления». Закон обязывает принимать меры по защите информации, в том числе с использованием технических и программных средств.

Несмотря на обилие документов Роспотребнадзора в части защиты информации и защиты от потенциальных киберугроз, научные статьи на Российском портале – Научной электронной библиотеке (https://elibrary.ru), в которых встречается сочетание слов поискового запроса «информационная безопасность» и «Роспотребнадзор» или «Защита информации» и «Роспотребнадзор», не найдены, что говорит

об актуальности и неразработанности темы научного исследования «Обеспечение информационной безопасности в организациях Роспотребнадзора».

В этой связи **цель исследования** – анализ реализуемых мероприятий по защите информации в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области».

Материалы и методы. Для достижения цели использовался описательно-аналитический метод исследования.

При запуске в эксплуатацию Единой автоматизированной информационной системы Роспотребнадзора (ЕИАС Роспотребнадзора) информационная безопасность обеспечивается посредством применения специального программного обеспечения. В частности, ввод и анализ информации в системе осуществляется с использованием криптографической защиты информации «Континент TLS-клиент» (TLS-клиент) – программного средства, предназначенного для реализации защищенного доступа удаленных пользователей к веб-ресурсам корпоративной сети по каналам связи общих сетей передачи данных, который обеспечивает следующие функции защиты информации:

– реализация TLS-аутентификации (в том числе односторонней) на основе технологии открытых ключей (используются сертификаты открытых ключей стандарта X.509 версии 3);

– поддержка работы с ключевыми носителями, изданными в «КриптоПро УЦ» 1.5 и 2.0 (последний – при условии активации модуля extendedcontainer);

– установление защищенного соединения с TLS-сервером на базе протокола HTTPS и обмен данными с ресурсами корпоративной сети;

– хранение ключевой информации в защищенном контейнере;

– контроль целостности программного обеспечения (ПО), передаваемой и хранимой информации.

Однако это техническое решение только части проблемы по защите информации, и в связи с этим необходим комплексный план по обеспечению информационной безопасности в организациях Роспотребнадзора.

В соответствии с Письмом Роспотребнадзора от 28.08.2023 № 02/14470-2023-27 «О размещении шаблона плана мероприятий» в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» подготовлен «План мероприятий по защите информации в информационной инфраструктуре Организации на 2023 и 2024 годы», который включает следующие составляющие:

1. Комплекс мер защиты информации периметра информационной инфраструктуры и информационно-телекоммуникационных сетей, в том числе проведение внешнего сканирования общедоступных внешних ресурсов с целью определения избыточных сетевых служб и веб-сервисов для их последующей блокировки (отключения); проведение инвентаризации имеющихся поддоменов и IP-адресов всех поддоменов с целью определения устаревших записей и их последующего обновления или удаления; ограничение доступа к публичным ресурсам на основе «белых» и «черных» списков подсетей, IP-адресов и доменных имен узлов; меры по защите информации с помощью фильтрации трафика средствами межсетевого экранирования и других средств (обновление сертификатов ЕИАС, СЭД Роспотребнадзора); обеспечение антивирусной защиты корпоративных электронных почтовых ящиков пользователей, скачиваемых из Интернета и облачных хранилищ файлов (актуализация программного обеспечения и баз дан-

ных антивирусной защиты); реализация иных мер по защите информации в соответствии с поступающими сведениями об актуальных угрозах.

2. Комплекс мер защиты информации для автоматизированных рабочих станций, функционирующих в информационной инфраструктуре, в том числе ведение политики доступа к информационным ресурсам через администрирование учетных записей пользователей с выдачей сотрудникам индивидуальных логинов и паролей; обеспечение антивирусной защиты сервера и рабочих станций пользователей.

3. Комплекс мер защиты информации почтового сервера организации, в том числе ежегодное заключение договора с внешней организацией на предоставление информационно-телекоммуникационных услуг по эксплуатации и защите информации на арендуемом почтовом сервере; актуализация спам-фильтров и антивирусной защиты почтовых ящиков.

4. Комплекс мер по резервированию информационной инфраструктуры и баз данных, в том числе ежегодное заключение договора с внешней организацией на резервирование информации с сервера организации; резервирование информации с сервера организации (базы данных, общие документы).

5. Комплекс мер по защите публичных сайтов (Веб-ресурсов), в том числе ежегодное заключение договора с внешней организацией на предоставление домена и ежесуточное резервирование сайта организации; создание резервной копии сайта организации.

6. Комплекс мер по предотвращению утечки информации и несанкционированного доступа к ней, в том числе ведение политики персонифицированного доступа к информационным ресурсам через администрирование учетных записей пользователей-сотрудников организаций с выдачей сотрудникам индивидуальных логинов и паролей.

7. Организация и проведение организационно-методической поддержки филиалов, в том числе направление рекомендаций в филиалы по повышению защищенности информационной инфраструктуры; оказание организационной и методической поддержки филиалов при реализации мер безопасности; применение имеющихся мер защиты информации в отношении имеющихся уязвимостей, поступающих из Национального координационного центра по компьютерным инцидентам (НЦКЦИ) и опубликованных во внутреннем ресурсе Роспотребнадзора для сотрудников организаций.

Выводы. В связи с интенсивной информатизацией обеспечение защиты информации в Роспотребнадзоре остается актуальной задачей, для решения которой необходим пересмотр типовой структуры подведомственных Роспотребнадзору организаций, с выделением подразделений по защите информации, которые должны обеспечивать решение данной задачи как своими силами, так и координировать привлечение специалистов на договорной основе.

Список литературы

1. Бедняк С.Г., Ильина Н.В. Защита информации в базах данных // Инновации. Наука. Образование. – 2020. – № 23. – С. 178–182.

2. Кучкин В.П. Методы защиты баз данных // Проблемы науки. – 2021. – № 4 (63). – С. 33–35.

3. Пушкин П.Ю. Особенности размещения баз персональных данных информационных систем научно-образовательных учреждений // Информация и безопасность. – 2021. – Т. 24, № 1. – С. 21–28.

4. Серебрякова Т.А., Щепилова Н.И. Актуальные вопросы защиты информации в системах управления базами данных // Вопросы устойчивого развития общества. – 2021. – № 3. – С. 45–51.

5. Проблемные вопросы использования географических информационных систем в социально-гигиеническом мониторинге и риск-ориентированном надзоре / Е.М. Студеникина, Ю.И. Стёпкин, О.В. Клепиков, И.В. Колнет, Л.В. Попова // Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО. – 2019. – № 6 (315). – С. 31–36.

6. Тарская Н.В. Защита информации в базах данных // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 32. – С. 1177–1182.

7. Информационная безопасность при работе с геоинформационными системами (ГИС) / А.В. Цыганов, Ю.Е. Кузнецов, А.Б. Айдиев, С.В. Герасимов, Г.С. Просвирнин, С.Н. Анисифоров // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2022. – № 3. – С. 22–26.

Исследование нестационарного течения воздуха в трахее и бронхах человека при различных темпах дыхания

М.Ю. Цинкер[1,2], А.И. Кучуков[1,2]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
г. Пермь, Россия

Исследовано нестационарное турбулентное течение воздуха в трахее и бронхах реальной анатомической формы при различных режимах дыхания: спокойное, углубленное и глубокое, которым соответствует входящий расход воздуха, равный 15, 30 и 60 л/мин. Для описания движения воздуха используется модель вязкой жидкости, для описания турбулентного характера – *k*-*w*-модель турбулентности. Приведены линии тока воздушных потоков в респираторном тракте. В дальнейшем полученные результаты могут представлять ценность для решения задач, связанных с оценкой рисков здоровью человека.

Ключевые слова: модель дыхательной системы, реальная анатомическая форма, нестационарное течение воздуха, турбулентное течение воздуха, режимы дыхания.

Современные исследования подтверждают факт негативного воздействия окружающей среды на здоровье человека [1, 2], в том числе на органы дыхания [3]. Существующие методы медицинских исследований дают актуальную оценку состоянию здоровья пациента исключительно на момент исследования. Однако больший интерес представляет возможность прогнозировать развитие

заболеваний в зависимости от факторов окружающей среды, что обусловливает необходимость разработки эволюционных моделей. Модель такого типа позволит учитывать поступление вредных веществ в организм человека и оценивать вызванную веществами реакцию как отдельных органов, так и всего организма в целом.

Данное исследование нацелено на изучение течения воздуха в нижних дыхательных путях реальной анатомической формы при различных уровнях глубины дыхания. Работа осуществляется в контексте разработки математической модели дыхательной системы человека [4–7].

Нижние дыхательные пути представляют собой систему ветвящихся каналов. Трахея разделяется на два главных бронха, которые, в свою очередь, продолжают ветвление на более мелкие бронхи. По мере ветвления уменьшается диаметр и длина бронхов. Схема строения нижних дыхательных путей представлена на рис. 1. Геометрия нижних дыхательных путей реальной анатомической формы, полученная на основе снимков компьютерной томографии легких человека, представлена на рис. 2. Площадь сечения на входе равна 1,389 см^2, длина трахеи составляет 125 мм, что соответствует физиологическим нормам взрослого человека [8].

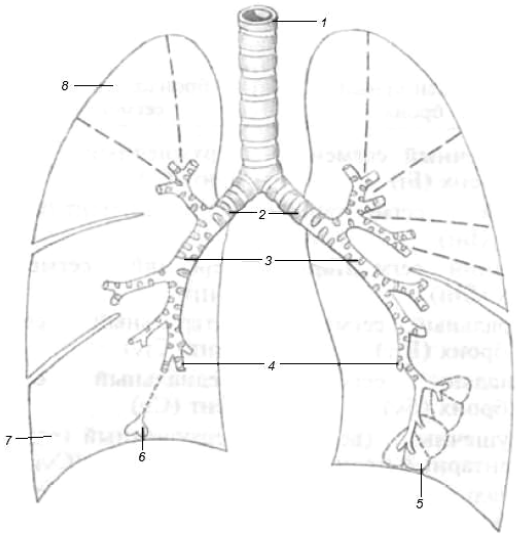


Рис. 1. Строение нижних дыхательных путей человека: *1* – трахея; *2* – главные бронхи; *3* – долевые бронхи; *4* – сегментарные бронхи; *5* – долька; *6* – ацинус; *7* – нижняя доля правого легкого

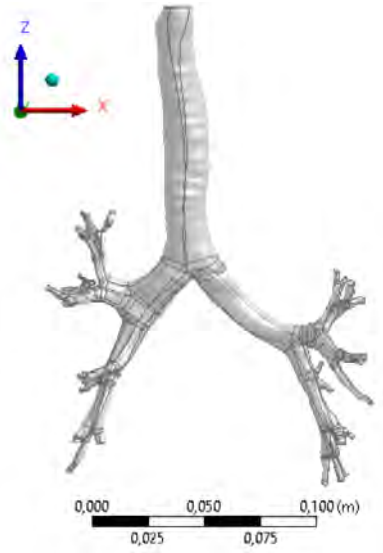


Рис. 2. Трехмерная геометрия нижних дыхательных путей (вид спереди)

На основе построенной геометрии трахеи и бронхов была получена тетраэдрическая объемная сетка с последующей процедурой подбора количества элементов сетки для оптимизации скорости решения задачи.

В работе используется гипотеза, что на входе в трахею температура воздуха составляет 36,6 °С. В общем случае дыхание является нестационарным процессом, движение воздуха осуществляется за счет разности давлений между атмосферой и легкими.

На входе в трахею во время всего процесса дыхания задается давление, равное атмосферному (p_{in} = 101 325 Па). Давление на выходе из бронхов изменяется по периодическому синусоидальному закону:

$$p_{out} = 101\,325 - A\sin(\frac{\pi}{2}t), \quad (1)$$

где p_{out} – давление на выходе из бронхов, Па; t – время, с, A – коэффициент, характеризующий глубину дыхания, Па.

В работе рассматривается три режима дыхания: спокойное, углубленное и глубокое дыхание. Спокойному дыханию соответствует входной расход воздуха (Q_{in}), равный 15 л/мин; углубленному – 30 л/мин; глубокому – 60 л/мин. Данные расходы воздуха были получены подбором граничных условий на выходе из системы бронхов. Спокойному дыханию соответствовал закон (1) при значении параметра A = 9; углубленному – A = 29; глубокому – A = 96.

В процессе вдоха скорость течения воздуха принимала значения от 0,0 до 3,95 м/с для спокойного режима дыхания; от 0 до 8,31 м/с – для углубленного дыхания, от 0 до 16,41 м/с – для глубокого дыхания. Наибольшие значения скоростей наблюдаются в зоне входа в трахею. В процессе течения воздуха возникают завихрения в трахее и местах бифуркации дыхательных путей. Линии тока скоростей движения воздуха для различных режимов дыхания в момент времени, соответствующему середине вдоха, (t = 1 с) представлены на рис. 3–5.

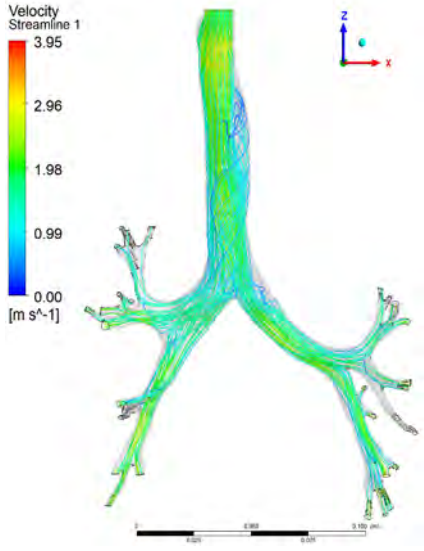


Рис. 3. Линии тока скоростей движения воздуха в нижних дыхательных путях человека для спокойного дыхания

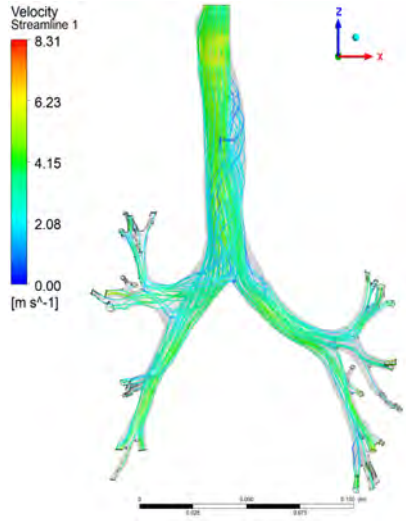


Рис. 4. Линии тока скоростей движения воздуха в нижних дыхательных путях человека для углубленного дыхания

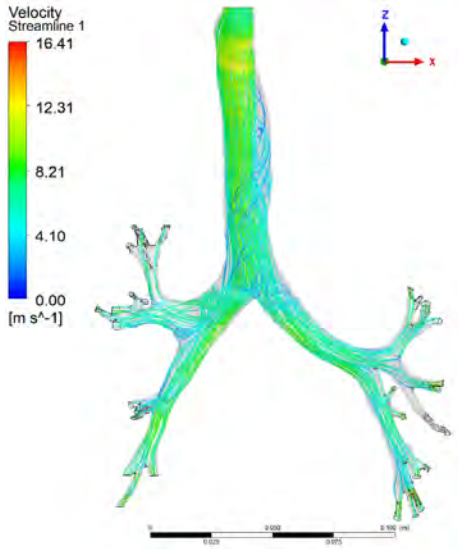


Рис. 5. Линии тока скоростей движения воздуха в нижних дыхательных путях человека для глубокого дыхания

Представленная модель может быть использована для решения задач в области сохранения здоровья населения. Дальнейшее развитие модели предполагает исследование поступления и оседания частиц в воздухоносных путях человека при различных режимах дыхания; моделирование формирования заболеваний, обусловленными факторами среды обитания.

Финансирование. Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSNM-2023-0003).

Список литературы

1. Онищенко Г.Г. Влияние состояния окружающей среды на здоровье населения. Нерешенные проблемы и задачи // Гигиена и санитария. – 2003 – № 1 – С. 3–10.

2. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

3. Пневмокониозы: патогенез и биологическая профилактика / Б.А. Кацнельсон, О.Г. Алексеева, Л.И. Привалова, Е.В. Ползик. – Екатеринбург: УрО РАМН, 1995. – 325 с.

4. Трусов П.В., Зайцева Н.В., Цинкер М.Ю. О моделировании течения воздуха в легких человека: конститутивные соотношения для описания деформирования пористой среды // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2020. – № 4. – С. 165–174. DOI: 10.15593/perm.mech/2020.4.14

5. Цинкер М.Ю. Трехмерное моделирование дыхательной системы человека для задач оценки рисков здоровью при ингаляционной экспозиции химических веществ // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 1. – С. 90–93. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-90-93

6. Моделирование течения запыленного воздуха в респираторном тракте / П.В. Трусов, Н.В. Зайцева, М.Ю. Цинкер, А.В. Бабушкина // Российский журнал биомеханики. – 2018. – Т. 22, № 3. – С. 301–314. DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2018.3.03

7. Математическая модель течения воздуха с твердыми частицами в носовой полости человека / П.В. Трусов, Н.В. Зайцева, М.Ю. Цинкер, А.В. Некрасова // Математическая биология и биоинформатика. – 2021. – Т. 16, № 2. – С. 349–366. DOI: 10.17537/2021.16.349

8. Анатомия человека: в 2 т. / Э.И. Борзяк, Л.И. Волкова, Е.А. Добровольская [и др.] / Под ред. М.Р. Сапина. – М.: Медицина, 1993. – Т. 1. – 544 с.

Авторский указатель

Аброськина Н.В. 34
Агафонов С.В. 169
Аликина И.Н. 249
Амирсеитова Ф.Т. 17, 30
Андришунас А.М. 11
Балакин А.А. 208
Бондаренко В.В. 281
Валина С.Л. 298
Васильев Е.В. 252
Вьюшков М.В. 372
Гилева К.О. 151
Глухих М.В. 101
Гончарова М.А. 48
Горбушина О.Ю. 307
Горобец А.С. 345
Гудым Е.Б. 256
Гусев Ю.С. 78
Гусельникова Е.М. 128
Долгих О.В. 176, 198, 242, 249, 273, 277, 295
Епринцев С.А. 44
Ефимов И.А. 146
Жабытай Ж.Б. 125
Жалсапова Д.З. 89
Жижила С.А. 312
Жукова Е.С. 317
Жунисали Н.К. 30
Закубанская Е.М. 351
Зеленкин С.Е. 181
Землянова М.А. 191
Зорина А.С. 356
Зубун И.В. 139
Игнатова А.М. 191
Иркаева А.М. 317
Исаев Д.С. 139, 146
Исмаилова А.А. 256, 312
Казакова О.А. 176, 242
Казанбаева А.В. 62
Казначеева Д.А. 52
Калинина М.В. 119
Карева А.А. 57
Карнажицкая Т.Д. 71, 225
Кацнельсон Б.А. 208
Киров Н.С. 292
Клепиков О.В. 44, 52, 223, 379
Климкина К.В. 323
Клинова С.В. 208
Князев Д.К. 34
Князева В.К. 139
Ковалев Е.В. 119
Ковшов А.А. 139, 146
Кольдибекова Ю.В. 191
Константинов Д.С. 128
Конченко А.В. 119
Кошелева И.С. 78
Кропотов В.С. 351
Крылов А.А. 356
Кряжев Д.В. 351
Кудашова А.С. 7
Кудря В.В. 25
Кузмичев М.К. 44
Кузянов Д.А. 78
Кучуков А.И. 382
Лапко И.В. 323
Ласточкина Г.В. 281
Леухина А.В. 259
Лир Д.Н. 133
Лисин О.Н. 208
Ломанцова М.П. 25
Лужецкий К.П. 328
Лукин О.Н. 208
Май И.В. 81
Максимова Е.В. 81
Мальцева О.А. 171
Марченко Б.И. 186, 236, 360
Масайлова Л.А. 281
Меркулова Н.А. 267
Механтьев И.И. 281
Минигалиева И.А. 208
Миронова М.С. 128
Молок О.А. 333
Мосийчук О.М. 116
Муратбекова А.Т. 17
Мусина А.А. 17, 30, 312
Мясников И.О. 64
Назарянц А.А. 186
Недшитова А.В. 163
Неплохов А.А. 128
Нестерова О.А. 360
Никифорова Н.В. 109
Николаева А.Е. 151
Никоношина Н.А. 273
Новикова Ю.А. 64
Нурисламова Т.В. 71, 157, 171, 225
Отавина Е.А. 277
Павлов Н.Н. 48
Пермякова Т.С. 225
Пескова Е.В. 216
Плотникова Е.Г. 128
Позднякова М.А. 317
Позняк Т.О. 25
Полякова Л.В. 317
Пономарев А.Л. 333
Попова В.А. 223
Попова Л.В. 223
Попова Н.А. 157
Привалова Л.И. 208
Прислегина Д.А. 366
Прожорина Т.И. 52

Проценко Ю.Л. ... 208
Райкова С.В. ... 169
Редько С.В. ... 342
Рудой М.Д. ... 338
Рябова Ю.В. ... 208
Рязанова Е.А. ... 62
Савинова М.В. ... 62
Сарсков С.А. ... 372
Семенщикова В.Ю. ... 89
Сомов С.С. ... 345
Старновская А.С. ... 89
Старчикова М.О. ... 71, 225
Стенно Е.В. ... 163
Степанков М.С. ... 191, 230
Степанян А.А. ... 139
Стёпкин Ю.И. ... 52
Студеникина Е.М. ... 379
Субботина Д.Ю. ... 157
Субочева К.В. ... 345
Сулейменова Р.К. ... 30, 312
Сутункова М.П. ... 208
Суханова А.В. ... 146
Сухих Е.А. ... 163
Тарасенко К.С. ... 236
Текебаева А.М. ... 312
Тихонова Н.А. ... 64
Трифонова А.Г. ... 139
Ульданова Д.С. ... 89
Усанов Р.А. ... 281
Устинова О.Ю. ... 298
Федоров В.Н. ... 64
Фокин В.А. ... 342
Фунтусова О.А. ... 146
Хасанова А.А. ... 202
Хисматуллин Д.Р. ... 284
Хохрякова В.П. ... 292
Цинкер М.Ю. ... 382
Чекмизов В.А. ... 169
Чекмизова Е.В. ... 169
Челакова Ю.А. ... 198
Черкасская Т.С. ... 25
Четверкина К.В. ... 292
Чигвинцев В.М. ... 284
Чинько Т.В. ... 171
Чугунова В.В. ... 317
Чупахина Л.В. ... 345
Шарыпова С.Ю. ... 96
Шемышевская М.Ж. ... 89
Ширинкина А.С. ... 295
Штина И.Е. ... 298
Шукелайть А.Б. ... 281
Щербаков А.А. ... 301
Эрдниев Л.П. ... 78
Юшкова Л.В. ... 62
Ярома А.В. ... 242

Содержание

Раздел I. Страновые и региональные угрозы и риски для здоровья населения на современном этапе

А.С. Кудашова
Сравнительный анализ качества атмосферного воздуха с последующей оценкой риска здоровью населения на современном этапе 7

А.М. Андришунас
Анализ потенциальных рисков причинения вреда здоровью населения в зонах влияния объектов теплоэнергетики..... 11

А.Т. Муратбекова, Ф.Т. Амирсеитова, А.А. Мусина
Влияние чистоты воздуха на болезни органов дыхания (г. Астана)..... 17

М.П. Ломанцова, Т.О. Позняк, Т.С. Черкасская, В.В. Кудря.....*25*
Влияние выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух промышленного предприятия ООО «Оргсинтез» на условия проживания населения Саратовской области 25

Ф.Т. Амирсеитова, А.А. Мусина, Р.К. Сулейменова, Н.К. Жунисали
Влияние атмосферного воздуха на болезни органов дыхания 30

Д.К. Князев, Н.В. Аброськина
Качество атмосферного воздуха промышленного города и оценка его влияния на здоровье населения (на примере г. Волгограда и г. Волжского Волгоградской области)..... 34

О.В. Клепиков, М.К. Кузмичев, С.А. Епринцев
Оценка опасности радонового облучения для здоровья населения, проживающего вблизи разработки Шкурлатовского месторождения гранита..... 44

М.А. Гончарова, Н.Н. Павлов
Оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения Саратовской области 48

Ю.И. Стёпкин, О.В. Клепиков, Т.И. Прожорина, Д.А. Казначеева
Оценка шумового фактора по данным мониторинга 2023 г. на крупных перекрестках улиц г. Воронежа 52

А.А. Карева
Пневмония и новая коронавирусная инфекция COVID-19: анализ заболеваемости взрослого населения в г. Санкт-Петербурге..... 57

Е.А. Рязанова, А.В. Казанбаева, М.В. Савинова, Л.В. Юшкова
Опыт реализации проекта «Чистая вода» в крупном промышленном городе 62

В.Н. Федоров, Н.А. Тихонова, И.О. Мясников, Ю.А. Новикова
Риск здоровью населения при аварийной ситуации на централизованной системе водоснабжения 64

М.О. Старчикова, Т.Д. Карнажицкая, Т.В. Нурисламова
Распространенность антибиотиков группы макролидов в водных объектах (обзор) 71

И.С. Кошелева, Д.А. Кузянов, Л.П. Эрдниев, Ю.С. Гусев
Оценка потенциального риска возникновения бактериальных кишечных инфекций на примере Новоузенского района Саратовской области 78

Е.В. Максимова, И.В. Май
Объекты складирования нефтесодержащих отходов как объекты накопленного вреда окружающей среде и источники риска для здоровья населения.....81

Д.С. Ульданова, Д.З. Жалсапова, В.Ю. Семенщикова, А.С. Старновская, М.Ж. Шемышевская
Реализация федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография» в Забайкальском крае в 2022–2023 гг. 89

С.Ю. Шарыпова
Социально-экономические условия жизни как «риски рисков» для здоровья населения России.....96

М.В. Глухих
Оценка влияния потребления алкогольной продукции на ожидаемую продолжительность жизни населения (на примере субъекта Российской Федерации).....101

Н.В. Никифорова
Непищевая продукция: динамика и структура нарушений обязательных гигиенических требований по данным официальной статистики 109

О.М. Мосийчук
Вопросы доступности медицинской помощи при мочекаменной болезни в оценках пациентов 116

Е.В. Ковалев, М.В. Калинина, А.В. Конченко
Формирование структуры лучевой диагностики и доз медицинского диагностического облучения в Ростовской области на современном этапе 119

Ж.Б. Жабытай
Актуальность профилактики и диагностики инфекции, связанных с оказанием медицинской помощи в хирургических отделениях 125

А.А. Неплохов, М.С. Миронова, Д.С. Константинов, Е.Г. Плотникова, Е.М. Гусельникова
Опыт реализации национальных проектов как научно-практическая и методологическая основа для развития региональной системы социально-гигиенического мониторинга 128

Д.Н. Лир
Внедрение обучающей (просветительской) программы по вопросам здорового питания для групп населения, проживающих на территориях с особенностями в части воздействия факторов окружающей среды 133

Раздел II. Научные и методические подходы к оценке состояния среды обитания, исследование влияния факторов риска среды обитания на состояние здоровья населения

Д.С. Исаев, А.А. Ковшов, А.А. Степанян, И.В. Зубун, А.Г. Трифонова, В.К. Князева
Определение перечня загрязняющих веществ для организации мониторинга качества атмосферного воздуха в Хабаровском крае 139

Д.С. Исаев, А.А. Ковшов, О.А. Фунтусова, И.А. Ефимов, А.В. Суханова
Определение перечня загрязняющих веществ для проведения мониторинга качества атмосферного воздуха в г. Южно-Сахалинске 146

К.О. Гилева, А.Е. Николаева
Исследование возможностей определения водорастворимых форм меди и цинка в аэрозолях воздуха 151

Д.Ю. Субботина, Т.В. Нурисламова, Н.А. Попова
Сравнительная оценка методов пробоподготовки для химического анализа фурана и метилфурана в образцах пищевой продукции 157

Е.А. Сухих, А.В. Недошитова, Е.В. Стенно
Определение бериллия в биологических средах. Обзор литературы 163

Е.В. Чекмизова, С.В. Агафонов, В.А. Чекмизов, С.В. Райкова
Определение содержания металлов в атмосферном воздухе в районе металлообрабатывающего производства 169

Т.В. Нурисламова, О.А. Мальцева, Т.В. Чинько
Метрологическая оценка хромато-масс-спектрометрической методики определения фурана и метилфурана в пищевых продуктах (на примере детских каш на основе зерна)..... 171

О.А. Казакова, О.В. Долгих
Идентификация генетически модифицированных организмов в образцах мясной продукции 176

С.Е. Зеленкин
Оценка аминокислотного состава белка насекомых как нового вида пищевых продуктов..... 181

Б.И. Марченко, А.А. Назарянц
Особенности загрязнения окружающей среды фармацевтическими средствами и их дериватами в период пандемии COVID-19..... 186

М.А. Землянова, А.М. Игнатова, М.С. Степанков, Ю.В. Кольдибекова
Цитоморфологическая оценка клеток бронхоальвеолярной лаважной жидкости при воздействии микро- и наноразмерных частиц алюмината кобальта 191

Ю.А. Челакова, О.В. Долгих
Особенности иммунной регуляции у взрослого населения крупного промышленного центра Восточной Сибири 198

А.А. Хасанова
Установление вероятных ответов со стороны здоровья населения, ассоциированных с влиянием метеорологических факторов 202

С.В. Клинова, Л.И. Привалова, И.А. Минигалиева, М.П. Сутункова, Ю.В. Рябова, А.А. Балакин, О.Н. Лисин, О.Н. Лукин, Ю.Л. Проценко, Б.А. Кацнельсон
Кардиотоксическое действие свинца и его ослабление при применении различных профилактических мер.....208

Е.В. Пескова
Функциональная классификация белков плазмы крови крыс в условиях ингаляционного поступления алюминия в эксперименте 216

Л.В. Попова, О.В. Клепиков, В.А. Попова
Организация и анализ информации в мониторинге состояния окружающей среды города 223

М.О. Старчикова, Т.Д. Карнажицкая, Т.В. Нурисламова, Т.С. Пермякова
Изучение потенциального воздействия бенз(а)пирена на изменение гормональных, биохимических, иммунологических, клинических показателей крови 225

М.С. Степанков
Исследование особенностей бионакопления и токсического действия наночастиц оксида молибдена (VI) при подострой ингаляционной экспозиции крыс линии Wistar.....230

Б.И. Марченко, К.С. Тарасенко
Анализ заболеваемости населения промышленного города, связанной с дефицитом микронутриентов 236

А.В. Ярома, О.А. Казакова, О.В. Долгих
Особенности иммунного статуса взрослых с патологией эндокринной системы, контаминированных марганцем.....242

Раздел III. Оценка и минимизация риска для здоровья детей и подростков, в том числе в образовательных учреждениях, организациях отдыха и оздоровления

И.Н. Аликина, О.В. Долгих
Особенности экспрессии TNF-подобного индуктора апоптоза и Annexin V на клетках периферической крови у детей в условиях контаминации биосред бензолом 249

Е.В. Васильев
Новые вызовы в формировании здорового образа жизни сельских школьников-подростков в контексте использования электронных устройств.....252

Е.Б. Гудым, А.А. Исмаилова
Оценка риска психического здоровья у подростков профессиональных школ.....256

А.В. Леухина
Эмпирические индикаторы ментального здоровья в социологических и медико-социальных исследованиях.....259

Н.А. Меркулова
Определение умственного и физического утомления среди учеников первого класса, дополнительно занимающихся спортом 267

Н.А. Никоношина, О.В. Долгих
Особенности нейрогуморального профиля детей дошкольного возраста, проживающих в условиях аэрогенной экспозиции бенз(а)пиреном 273

Е.А. Отавина, О.В. Долгих
Особенности иммунного статуса детей юга Сибири с расстройством вегетативной нервной системы..... 277

Р.А. Усанов, И.И. Механтьев, А.Б. Шукелайть, Л.А. Масайлова, Г.В. Ласточкина, В.В. Бондаренко
Акцентные вопросы школьного питания по результатам социологического исследования учащихся в Воронежской области..... 281

Д.Р. Хисматуллин, В.М. Чигвинцев
Оценка вклада факторов питания в формирование эндокринных науршений у учащихся школы с учетом возрастной динамики 284

В.П. Хохрякова, К.В. Четверкина, Н.С. Киров
Особенности воздействия шума на работоспособность студентов разных стран 292

А.С. Ширинкина, О.В. Долгих
Иммунологический статус детского населения в условиях контаминации биосред металлами (на примере алюминия)..... 295

И.Е. Штина, С.Л. Валина, О.Ю. Устинова
Особенности нарушений рефракции и аккомодации у учащихся средних общеобразовательных школ с углубленным изучением отдельных предметов 298

А.А. Щербаков
Динамика вариабельности ритма сердца после пробы с дозированной физической нагрузкой у детей младшего школьного возраста..... 301

Раздел IV. Факторы риска производственной среды и подходы к профилактике профессиональных и производственно обусловленных заболеваний

О.Ю. Горбушина
Особенности эхокардиографических показателей у работников металлургического производства 307

С.А. Жижила, А.А. Исмаилова, А.А. Мусина, А.М. Текебаева, Р.К. Сулейменова
Методологические подходы к прогнозированию нарушения здоровья работников вредных производств с позиции профессиональных рисков..... 312

А.М. Иркаева, Л.В. Полякова, В.В. Чугунова, Е.С. Жукова, М.А. Позднякова
Регистрация изменения состояния про- и антиоксидантной систем в эритроцитах крови профессиональных водителей автотранспорта г. Нижнего Новгорода..... 317

К.В. Климкина, И.В. Лапко
Прогностические критерии определения снижения минеральной плотности костной ткани у рабочих виброопасных профессий..... 323

К.П. Лужецкий
К развитию информационно-справочных систем профилактики распространения инфекционных болезней для безопасной организации трудовых процессов 328

О.А. Молок, А.Л. Пономарев
Обзор адаптеров для измерения вибрации 333

М.Д. Рудой
Структура факторов сердечно-сосудистого риска у работников металлургического предприятия 338

В.А. Фокин, С.В. Редько
К вопросу о необходимости проведения количественной оценки профессионального риска 342

Л.В. Чупахина, С.С. Сомов, А.С. Горобец, К.В. Субочева
К проблеме обеспечения радиационной безопасности дефектоскопистов рентгено-, гаммаграфирования 345

Раздел V. Информационные технологии и математическое моделирование при проведении исследований в области гигиены и эпидемиологии

Е.М. Закубанская, В.С. Кропотов, Д.В. Кряжев
Визуализация стадий роста биопленки с помощью программного комплекса ImageJ.....351

А.С. Зорина, А.А. Крылов
Адресная доставка лекарственных препаратов при помощи наночастиц: польза и вред 356

Б.И. Марченко, О.А. Нестерова
Искусственные нейронные сети в задачах проспективного эпидемиологического анализа социально значимых заболеваний 360

Д.А. Прислегина
Риск-ориентированный подход к проведению мониторинга комаров рода *Aedes* на основе интернет-ресурса Zika Map 366

С.А. Сарсков, М.В. Вьюшков
Развитие ГИС-технологий в системе эпидемиологического мониторинга инфекционной и паразитарной заболеваемости на примере «Эпидемиологического атласа ПФО» 372

Е.М. Студеникина, А.О. Клепиков
Обеспечение информационной безопасности в организациях Роспотребнадзора на примере ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» 379

М.Ю. Цинкер, А.И. Кучуков
Исследование нестационарного течения воздуха в трахее и бронхах человека при различных темпах дыхания 382

Авторский указатель 387

Научное издание

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ – 2023

Материалы
всероссийской научно-практической интернет-конференции
молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора
с международным участием

(Пермь, 11–13 октября 2023 г.)

Под редакцией профессора А.Ю. Поповой,
академика РАН Н.В. Зайцевой

Корректор *М.Н. Афанасьева*

Подписано в печать 24.10.2023. Формат 70×100/16.
Усл. печ. л. 31,84. Тираж 22. Заказ № 233.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.

Отпечатано в типографии Издательства
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.