Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
Российская академия наук, секция профилактической медицины Отделения медицинских наук
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
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Пермский государственный
медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

ПРИ УЧАСТИИ:
RISE, специализированной группы по окружающей среде и здоровью
Национального института контроля пищевой продукции, Ханой (СРВ)

АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ – 2022
Фундаментальные и прикладные аспекты обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения
совместно с международной встречей по окружающей среде
и здоровью RISE-2022

100-летию Санитарно-эпидемиологической службы России посвящается

Материалы
XII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

(Пермь, 18–20 мая 2022 г.)

В двух томах

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

Том 1

Пермь 2022

УДК 614
А64

А64 **Анализ** риска здоровью – 2022. Фундаментальные и прикладные аспекты обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2022 : материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием : в 2 т. / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022.

ISBN 978-5-398-02746-4 (общ.)

Т. 1. – 466 с.
ISBN 978-5-398-02747-1 (Т. 1)

Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Анализ риска здоровью – 2022» совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2022: обобщают научный и практический опыт, освещают фундаментальные и прикладные вопросы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации. В этом году конференция проходит под эгидой 100-летия Санитарно-эпидемиологической службы России.

Материалы конференции содержат правовые и актуальные методические аспекты анализа риска здоровью при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия, знакомят с российским и международным опытом, раскрывают санитарные и медико-демографические проблемы регионов на современном этапе, в том числе в период пандемии новой коронавирусной инфекции, содержат результаты развития научно-методических подходов к контрольно-надзорным мероприятиям в рамках развития риск-ориентированной модели, с внедрением дистанционных и бесконтактных форм надзора.

В работах отечественных и зарубежных ученых обобщён опыт оценки рисков в гигиенических и эпидемиологических исследованиях (гигиене труда, гигиене детей и подростков и др.). В ряде статей приведены примеры реализации национальных проектов «Экология», «Демография», «Жилье и городская среда», «Генеральная уборка», освещены проблемы и перспективы риск-ориентированного надзора в условиях цифровой трансформации общества. Описаны методические подходы к математическому моделированию систем и процессов, профилактике нарушений здоровья, ассоциированных с разнородными факторами риска.

Значительная часть статей освещает вопросы, связанные с оценкой воздействия физических и биологических факторов в условиях интенсивного развития крупных городов и промышленных агломераций. Отдельный раздел посвящен лучшим практикам гигиенической оценки и анализа рисков здоровью, совершенствованию социально-гигиенического мониторинга, химико-аналитической и информационно-программной поддержке деятельности Роспотребнадзора. В целом в материалах конференции содержатся результаты исследований и методических разработок, актуальных для практической деятельности службы при проведении гигиенического анализа, расследований, исследований, экспертиз. Опыт территорий может быть использован для решения целого ряда задач регионального и муниципального уровней в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей.

Материалы предназначены для специалистов органов и организаций системы Роспотребнадзора, научно-исследовательских учреждений, образовательных учреждений высшего образования по медико-профилактическому направлению, студентов, аспирантов, врачей и специалистов, работающих в смежных областях науки и практики.

Редакционная коллегия:
д-р мед. наук, проф. А.Ю. Попова, акад. РАН, д-р мед. наук, проф. Н.В. Зайцева,
д-р биол. наук, проф. И.В. Май, д-р мед. наук, доцент К.П. Лужецкий, М.М. Цинкер

УДК 614

ISBN 978-5-398-02747-1 (Т. 1)
ISBN 978-5-398-02746-4 (общ.)

© ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 2022

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»
Зайцева Нина Владимировна	Научный руководитель ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»

Члены организационного комитета:

Летюшев Александр Николаевич	Начальник Управления научного и аналитического обеспечения Роспотребнадзора (по согласованию)
Бузинов Роман Вячеславович	Заместитель директора ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» (по согласованию)
Горяев Дмитрий Владимирович	Руководитель Управления Роспотребнадзора по Красноярскому краю (по согласованию)
Костарев Виталий Геннадьевич	Руководитель Управления Роспотребнадзора по Пермскому краю (по согласованию)
Кошурников Дмитрий Николаевич	Председатель Совета молодых ученых и специалистов ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»
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»
Май Ирина Владиславовна	Заместитель директора по научной работе ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»
Рейс Жак	Доктор медицины, RISE, специализированная группа по окружающей среде и здоровью (по согласованию)
Спенсер Питер	Профессор, RISE, специализированная группа по окружающей среде и здоровью (по согласованию)
Фельдблюм Ирина Викторовна	Заведующая кафедрой эпидемиологии с курсом гигиены и эпидемиологии ФДПО ФГБОУ ВО ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера Минздрава России (по согласованию)
Чащин Валерий Петрович	Главный научный сотрудник института экологии НИУ ВШЭ (по согласованию)
Федоренко Екатерина Валерьевна	Заместитель директора по сопровождению практического и санитарно-эпидемиологического надзора и работе с ЕЭК РУП «Научно-практический центр гигиены» (г. Минск, Республика Беларусь) (по согласованию)

Технический секретариат конференции:

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

Организаторам и участникам XII Всероссийской научно-практической интернет-конференции с международным участием «АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ – 2022. Фундаментальные и прикладные аспекты обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения»

Уважаемые коллеги!

От имени Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека приветствую организаторов и участников XII Всероссийской научно-практической интернет-конференции с международным участием «АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ – 2022»!

В этом году конференция проходит под эгидой 100-летия Санитарно-эпидемиологической службы России. В центре внимания участников конференции будет обсуждение лучших исторических практик санитарной службы страны, а также их современное применение и развитие на базе передовых научных достижений.

В условиях непростой санитарно-эпидемиологической ситуации, связанной с пандемией новой коронавирусной инфекции, стратегическими направлениями деятельности Роспотребнадзора остаются развитие наукоемких методов анализа и прогнозирования санитарно-эпидемиологического состояния территорий, социально-гигиенического мониторинга, профилактика последствий негативного воздействия химических, физических и биологических факторов (в том числе инфекционных) на здоровье населения, сдерживание и предотвращение угроз санитарно-эпидемиологического характера. В ходе противодействия новой коронавирусной инфекции были продемонстрированы преимущества российских подходов организации санитарно-эпидемиологической службы и проведения противоэпидемических мероприятий, основы которых были заложены сто лет назад. Новым этапом развития системы санэпиднадзора явилась разработка «Санитарного щита» России – целой системы противодействия инфекциям.

Особое внимание уделяется реализации мероприятий национальных и федеральных проектов, направленных на улучшение качества жизни населения России и увеличение ожидаемой продолжительности здоровой жизни. Обмен опытом работы по национальным проектам, тирожирование лучших достижений на все регионы страны – одна из важнейших задач конференции как встречи коллег-профессионалов.

Не менее важное направление обмена идеями и опытом – формирование единой информационной аналитической системы Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, решение задач цифровизации всех направлений деятельности Роспотребнадзора, создание интегрированной системы учета данных и оперативного анализа ситуаций с применением современных информационных технологий.

Актуальным является развитие и укрепление сотрудничества Роспотребнадзора с профильными ведомствами иностранных государств и международными научными организациями, работающими в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и охраны здоровья граждан.

Важнейшая задача – привлечь талантливую молодежь в сферу науки и современных технологий, повысить участие профессионального сообщества в реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Конкурс работ молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора – один из элементов решения этой задачи.

Уверена, что на мероприятии состоится рассмотрение широкого спектра заявленных тем и конструктивный обмен мнениями. Желаю организаторам и участникам конференции плодотворной работы, активных дискуссий и новых творческих успехов!

Руководитель Федеральной службы по надзору
в сфере защиты прав потребителей
и благополучия человека,
Главный государственный санитарный врач
Российской Федерации А.Ю. Попова

Раздел I

Актуальные проблемы санитарно-эпидемиологического благополучия и анализа рисков здоровью населения

Внешнесредовое воздействие на здоровье и проблемы здравоохранения в Арктических и Субарктических регионах*

*В рамках международной встречи по окружающей среде и здоровью RISE-2022

Ж. Рейс, П.С. Спенсер

RISE, специализированная группа по окружающей среде и здоровью, г. Страсбург, Франция

Изменение климата является одной из глобальных проблем современности и огромным вызовом для человечества. Некоторые регионы более подвержены его влиянию, и к таким регионам, без сомнения, относятся Арктический и Субарктический регионы. В докладе «Внешнесредовое воздействие на здоровье и проблемы здравоохранения в Арктических и Субарктических регионах» затрагивается несколько ключевых вопросов, связанных с изменением климата и его разрушительным влиянием на хрупкие экосистемы этих регионов. В докладе обсуждаются географические особенности и такие основные экологические проблемы, как повышение температуры воды и поверхности, таяние льдов, изменения погоды. Также обсуждаются проблемы здравоохранения в данных регионах, включая исторический аспект, но основное внимание все же уделяется современным вызовам, таким как загрязнение продуктов питания, распространение инфекций вследствие глобального потепления и высвобождение опасных вирусов из вечной мерзлоты. К сожалению, некоторым из перечисленных проблем не уделяется должного внимания, и это создает глобальные угрозы. Важно помнить, что климат не знает национальных границ, и то, что происходит в Арктике, должно быть в фокусе внимания всего человечества.

Ключевые слова: Арктический регион, здоровье, климат.

Влияние глобальных изменений климата в Арктической зоне и возможные последствия для здоровья*

*В рамках международной встречи по окружающей среде и здоровью RISE-2022

Н.В. Зайцева, С.В. Клейн, М.В. Глухих

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

В настоящее время актуальным вопросом в области освоения арктических и субарктических территорий РФ остается оценка степени влияния погодно-климатического фактора

на состояние здоровья населения в условиях глобального изменения климата. По данным докладов национальных и международных организаций для Арктического региона прогнозируются наиболее серьезные и широко распространяемые риски для людей, экономики и экосистем. В России значительная часть регионов характеризуется сравнительно суровым климатом. Установлено, что в динамике за период 2010–2019 гг. на исследуемых территориях субъектов РФ, расположенных в арктической и субарктической климатических зонах, произошло увеличение среднемесячных температур июля в среднем на 3,4 % (в диапазоне от 0,3 до 5,9 %), среднемесячных осадков июля и января (15,1 и 13,0 % соответственно). В среднем по всем анализируемым субъектам арктической и субарктической зон РФ среднемесячные температуры июля и января увеличились относительно среднемноголетних значений на 1,2 º и 1,9 ºС соответственно. Получены дифференцированные оценки эмерджентного влияния на ожидаемую продолжительность жизни погодно-климатических условий арктического и субарктического климата на анализируемых территориях: климатобусловленные потери показателя ожидаемой продолжительности жизни варьируются от 164 дней в Республике Саха (Якутия) до 349 дней в Чукотском АО. В среднем для РФ величина потерь ожидаемой продолжительности жизни от погодно-климатического фактора составила 191,7 дня. Установлено, что совокупное влияние погодно-климатических факторов на территориях Арктической и Субарктической зон за 2010–2019 гг. обусловило вариативные эффекты на показатель ожидаемой продолжительности жизни: от его негативных эффектов в виде снижения показателя в Магаданской области, Ненецком, Чукотском и Ямало-Ненецком АО (-254; -211; -109 и -8 дней соответственно), до его положительных – в виде роста показателя до 111 дней в Республике Саха (Якутия).

Ключевые слова: Арктика, климат России, изменения климата, ожидаемая продолжительность жизни, нейронные сети.

На здоровье человека и его самочувствие оказывает влияние целый комплекс взаимосвязанных внешнесредовых, климатогеографических, социальных, поведенческих и других факторов [6], к которым он должен адаптироваться [3]. Климат – один из важнейших факторов, определяющих жизнедеятельность человека, включая сохранение и развитие его биологических, психологических и физиологических функций, влияющих на его работоспособность и социальную активность.

Климат определяется географическим положением территории: ее широтой, высотой над уровнем моря, соотношением суши и моря, характером рельефа местности и пр. Под климатом понимают многолетний режим погоды, присущий данной территории [4]. Также существует определение климата как среднего режима погоды в определенном месте, выявленного за многие годы наблюдений [21]. Климат складывается из огромного числа конкретных, мгновенных состояний атмосферы, из множества разнообразных «погод» за значительный промежуток времени (обычно 50–100 лет) [14].

Таким образом, климат можно рассматривать как некий фон жизнедеятельности и формирования здоровья человека [2, 6], а погода является рядом метеорологических элементов (факторов), чередующихся по законам и правилам определенного климата.

Действие погоды на организм человека может быть как позитивным, так и негативным, выражающимся в виде метеочувствительности, метеолабильности или метеотропности – патологических ответов организма человека на воздействие неблагоприятных погодных факторов [15, 20]. Метеопатические реакции у человека могут вызывать такие метеорологические факторы, как температура воздуха, влажность, давление, скорость ветра, потоки солнечной радиации (включая спектральное распределение энергии), длинноволновая солнечная радиация, осадки (тип и интенсивность), состав воздуха, атмосферное электричество, атмосферная радиоактивность, дозвуковой шум и прочие.

Одними из основных метеорологических факторов, влияющих на организм человека, является *температура* воздуха, в том числе в летний и зимний периоды, ее колебания; *влажность* воздуха, которая усиливает влияние температуры воздуха; *атмосферное давление* и его изменение; *количество осадков* в разные периоды года; *инсоляция* и пр. Метеорологические факторы (температура и влажность воздуха, скорость ветра, атмосферное давление, интенсивность солнечной радиации и пр.) действуют на организм человека сочетано, усиливая или ослабляя друг друга. При неблагоприятных сочетаниях климатических факторов организм человека испытывает дополнительную нагрузку.

Результаты многочисленных отечественных и зарубежных исследований в области оценки влияния погодно-климатических факторов на состояние здоровья констатируют и прогнозируют масштабные, порой даже катастрофические, эффекты в виде повышенной заболеваемости и смертности, а следовательно, снижения ожидаемой продолжительности жизни (далее – ОПЖ) [1, 8, 12, 16]. Так, изменение климата влияет на социальные и экологические детерминанты здоровья – чистый воздух, безопасную питьевую воду, достаточное количество пищевых продуктов и сохранность (целостность) жилья. По данным ВОЗ [9] ожидается, что в период с 2030 по 2050 г. изменение климата приведет к росту числа случаев смерти примерно на 250 тыс. случаев в год в результате недостаточности питания, малярии, диареи и воздействия высоких температур. Прямые затраты, обусловленные негативным воздействием климата на здоровье (т.е. без учета затрат в определяющих здоровье секторах, таких как сельское хозяйство, водоснабжение и санитария), по прогнозным оценкам, будут составлять к 2030 г. 2–4 млрд долл. США в год. Районы со слабой инфраструктурой здравоохранения – в основном в развивающихся странах – будут в наименьшей степени способны справиться с предстоящей ситуацией без соответствующей подготовки и оснащения. Сокращение выбросов парниковых газов за счет модернизации автопарка, продуктов питания и энергопотребления может привести к улучшению здоровья, особенно благодаря снижению уровней загрязнения воздуха [9].

По данным специального доклада МГЭИК «Глобальное потепление на 1,5 °С» [23] для арктического региона прогнозируются наиболее серьезные и широко распространяемые риски для людей, экономики и экосистем (рис. 1).

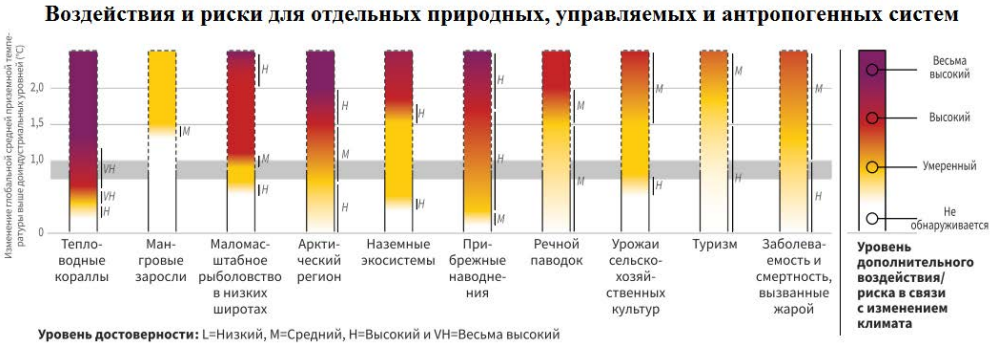


Рис.1. Иллюстрация воздействий и рисков от последствий глобального потепления для людей, экономики и экосистем (оценки даны на основе научной литературы и экспертных заключений специалистов МГЭИК) [23]

Согласно данным Доклада об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 г. [8], наблюдаемые в последние десятилетия изменения климата на территории России вписываются в общую тенденцию потепления: аномалия среднегодовой температуры (отклонение от средней за 1961–1990 гг.) составила +2,07 °С. Почти во всех регионах РФ в 2019 г. среднегодовая температура оказалась среди пяти наибольших за историю наблюдений, отрицательные аномалии наблюдались только летом в Северо-Западном и Приволжском федеральных округах. Основным драйвером современного потепления признан рост концентраций парниковых газов, в первую очередь, двуокиси углерода и метана. Несмотря на усилия, предпринимаемые мировым сообществом для ограничения выбросов парниковых газов в атмосферу, их концентрации продолжают расти. Уровень концентрации CO_2 в фоновых условиях в атмосфере северных широт достиг в 2019 г. очередного максимума. Кроме того, потепление сопровождается уменьшением продолжительности снежного покрова, более ранним вскрытием рек и поздним ледоставом. Результаты физико-математического моделирования климата показывают, что потепление будет сопровождаться ростом осадков во всех регионах РФ, кроме юга Европейской части России, где ожидается убывание осадков в летний сезон. Прогнозные оценки подтверждается данными наблюдений: на большей части РФ количество осадков растет во все сезоны года, при этом осадки в летний период убывают в важнейших зернопроизводящих районах – Центральном, Приволжском, Южном и Северо-Кавказском федеральных округах.

Влияние потепления на климатические условия жизни и деятельность населения России нельзя оценить однозначно. Так, изменения в криосфере включают, с одной стороны, существенное улучшение условий навигации вдоль трассы Северного морского пути, с другой – деградация мерзлоты может приводить к разрушению фундаментов и инфраструктуры. Рост продолжительности вегетационного периода при потеплении – очевидный бонус для земледелия – сопровождается увеличением риска засухи в основных зернопроизводящих районах Европейской части России из-за дефицита осадков при повышенных температурах. Наблюдаемая тенденция уменьшения продолжительности отопительного периода и повышение его средней температуры (до 0,8 °С за 10 лет в центральной Якутии) способствует увеличению тепловой эффективности существующих зданий и создает условия для сокращения энергопотребления [5]. Прогнозируемые изменения в различных секторах экономики при наблюдаемых изменениях климата могут иметь отражение в тенденциях изменения формирующихся медико-демографических рисков и показателей здоровья населения. Подробные и надежные данные о наблюдаемых тенденциях изменения климатических условий, полученные в результате регулярного климатического мониторинга и моделирования климатических изменений, являются необходимой основой для выработки мер по адаптации отраслей народного хозяйства, систем жизнеобеспечения к условиям изменяющегося климата, минимизации климатообусловленных рисков и вреда здоровью.

Значительная часть регионов РФ характеризуется сравнительно суровым климатом. Согласно классификации ученого-климатолога Б.П. Алисова Россия расположена в трех климатических поясах: арктическом, субарктическом и умеренном [10]. К арктическому поясу относятся сибирское побережье Северного Ледовитого океана и его острова (за исключением южного острова Новой Земли), ряд островов Баренцева моря (рис. 2) [13]. Климат здесь арктический, зимой характери-

зуется низкими температурами до –50 °С. Средняя температура января из-за влияния океана чуть выше, чем на побережье и составляет –20… –30 °С. К субарктическом поясу относятся территории, расположенные за полярным кругом в пределах Восточно-Европейской равнины и Западной Сибири, а на северо-востоке все территории к северу от 60° северной широты. Тип климата здесь субарктический: температура января изменяется от –7…–12 °С на Кольском полуострове до –48 °С в котловинах Северо-Востока, увеличиваясь до –12…–18 °С на Тихоокеанском побережье. В субарктическом поясе Якутии находится Верхоянский и Оймяконский полюса холода с максимальными отрицательными температурами –68… –70 °С.

В медицинском аспекте холодный климат Севера относят к раздражающему типу климата, который характеризуется выраженной суточной и сезонной амплитудой метеорологических элементов, предъявляет повышенные требования к приспособительным механизмам. Холодный климат Севера отличается низкими температурами воздуха, высокой относительной влажностью, вечной мерзлотой, полярными ночами с отсутствием солнечной радиации, сильными ветрами и т.д. Особенности данного климата способствуют возникновению у человека напряжения терморегуляции и гемодинамики, усилению основного обмена, гиперсекреции желудка, изменениям в нервной системе в виде усиления процессов торможения, понижения условно-рефлекторной деятельности, снижения работоспособности, расстройств сна (во время полярного дня). Реакции и состояния человека, обусловленные действием погодных факторов, могут рассматриваться как расстройства физиологических механизмов адаптации, следствие острого метеорологического стресса, причем неблагоприятное влияние погоды связано не столько с абсолютными значениями метеопараметров, сколько с их резкими изменениями, предъявляющими повышенные требования к системам, поддерживающим гомеостаз, а также приводящим к десинхронизации внутренних биологических ритмов [17].

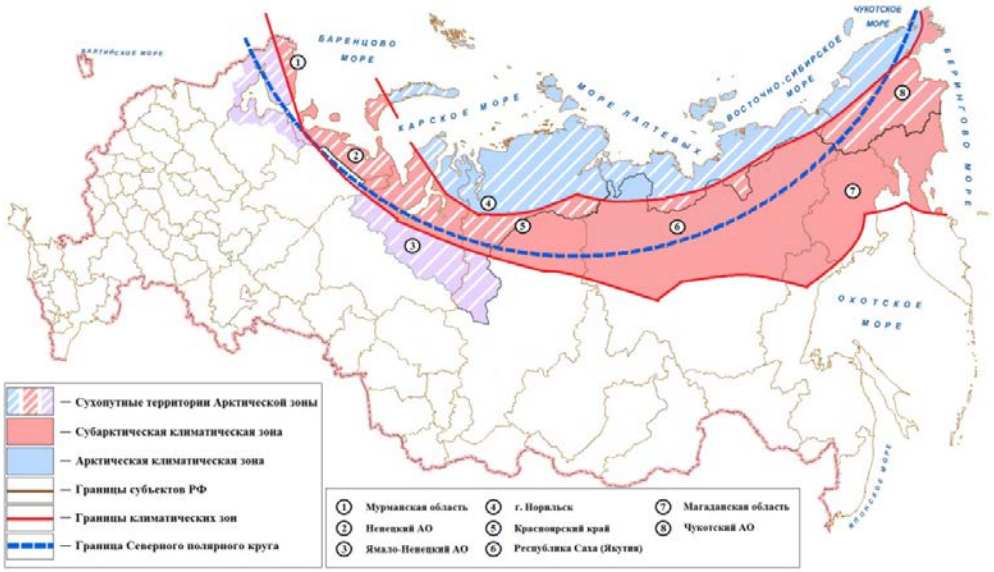


Рис. 2. Карта-схема Арктической и Субарктической климатических зон РФ

Пристальное внимание к вопросу влияния «суровых» погодно-климатических факторов Арктической, Субарктической зон РФ на состояние здоровья населения определило цель и актуальность данного исследования.

Цель исследования – оценить влияние глобальных изменений климата в Арктической и Субарктической зонах и возможные последствия для здоровья населения РФ.

Материалы и методы. Вариативность и эмерджентность влияния погодно-климатических факторов на фоне комплекса социально-экономических и санитарно-эпидемиологических условий проживания населения в условиях Арктической и Субарктической зон определило структуру и дизайн исследования.

Оценка влияния погодно-климатических условий и их наблюдаемых изменений на ОПЖ населения регионов РФ, географически расположенных в Арктических и Субарктических зонах, осуществлялась на базе сценарного моделирования с использованием цифровой (нейросетевой) модели в соответствии с МР 2.1.10.0269–21 [11].

Данная модель учитывает совокупное влияние комплекса социально-гигиенических детерминант (далее – СГД) (148 показателей), включая «показатели санитарно-эпидемиологического благополучия территорий» (53 показателя), «показатели системы здравоохранения» (9 показателей), «показатели экономической сферы» (14 показателей), «показатели образа жизни населения» (30 показателей), «показатели социально-демографической сферы» (34 показателя), «погодно-климатические показатели» (8 показателей). В качестве погодно-климатических факторов использовались параметры среднемесячных температур воздуха и количество осадков в июле и январе, а также их отклонения от среднемноголетних значений в разрезе субъектов РФ за период 2010–2019 гг. [19]. Показатель ОПЖ в регионах РФ, выступающий в качестве зависимой переменной, оценивался на основе данных Федеральной службы государственной статистики за 2010–2019 гг. [18].

В соответствии с поставленной целью исследование проводилось на примере четырех регионов, расположенных в Арктической зоне – Республика Якутия (Саха) (северная часть), Чукотский автономный округ (далее АО) (северная часть), Ямало-Ненецкий автономный округ (северная часть), Красноярский край (северная часть, на примере городского округа Норильск и Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района), трех регионов, расположенных в субарктической зоне, – Магаданская область (континентальная часть), Мурманская область (северная часть), Ненецкий автономный округ (рис. 2).

Определение влияния погодно-климатических факторов на потери показателя ОПЖ осуществлялось на основе проведения серии численных экспериментов с использованием последовательного алгоритма расчетов [22]. На первом этапе для всех регионов РФ проводилась подстановка значений показателей, отражающих погодно-климатические условия отдельного региона (региона сравнения), все остальные переменные (детерминанты) оставались фиксированными на базовом значении. На втором шаге определялся субъект РФ с наибольшими потерями ОПЖ, условно считающийся наиболее «благополучным» относительно погодно-климатических условий региона сравнения. На третьем шаге по отношению к «благополучному» региону определялись потери ОПЖ, обусловленные погодно-климатическими факторами, во всех исследуемых арктических и субарктических регионах РФ. Алгоритм последовательно применялся для каждого региона РФ, использованного в качестве региона сравнения по отношению к другим регионам РФ. Оценка

итоговых потерь ОПЖ для каждого исследуемого арктического и субарктического региона проводилась путем осреднения полученных на третьем шаге значений. Подробно алгоритм изложен в работе Н.В. Зайцевой с соавт. [22].

Установление влияния погодно-климатических факторов на показатель ОПЖ за временной период 2010–2019 гг. осуществлялось с использованием сценарного нейросетевого моделирования. В качестве базового сценария использовались фактические данные по социально-гигиеническим детерминантам, зарегистрированные для 2010 г. Целевой сценарий задавался путем сохранения всех социально-гигиенических детерминант на базовом уровне, кроме показателей, характеризующих погодно-климатические условия анализируемых субъектов РФ, которые устанавливались на уровне значений 2019 г. На основе расчета разности между базовыми и целевыми сценариями определялось влияние погодно-климатических факторов на изменение показателя ОПЖ в анализируемых субъектах РФ.

Принимая во внимание территориальную протяженность Красноярского края и его расположение в разных климатических зонах, для оценки влияния погодно-климатических факторов на показатель ОПЖ на территориях Арктической зоны данного субъекта в качестве репрезентативной территории был выбран г. Норильск. Алгоритм расчета влияния погодно-климатических факторов на ОПЖ аналогичен расчетам по другим анализируемым субъектам РФ. В качестве климатических характеристик г. Норильска использованы данные с поста «Норильск. Алыкель» (№ 23078) по среднемесячной температуре и количеству осадков за январь и июль, по остальным анализируемым показателям использованы статистические данные Красноярского края.

Моделирование системы причинно-следственных связей между исследуемыми показателями с применением нейронных сетей и последующие расчеты выполнялись в среде RStudio (пакет neuralnet).

Результаты. В 2019 г. по анализируемым субъектам РФ наиболее низкие среднемесячные температуры воздуха в январе регистрировались в Республике Саха (Якутия), Магаданской области и Чукотском АО (–34,1 ºС; –27,4 ºС; –23,6 ºС соответственно), наиболее высокие среднемесячные температуры июля были установлены в Ямало-Ненецком АО, Республике Саха (Якутия), Магаданской области (15,2 ºС; 14,3 ºС; 12,7 ºС соответственно). Наибольшее количество среднемесячных осадков января выпало на территории Мурманской области, Ненецкого и Ямало-Ненецкого АО (37,7; 23,1; 22,6 мм соответственно); июля – в Магаданской области, Мурманской области и Республике Саха (Якутия) (60,5; 60,4; 52,6 мм соответственно).

В динамике за период 2010–2019 гг. на исследуемых территориях субъектов РФ, расположенных в Арктической и Субарктической климатических зонах, произошло увеличение среднемесячных температур июля в среднем на 0,7 ºС (диапазон изменений от –1,2 ºС до 3,1 ºС) и снижение среднемесячных температур января в среднем на 0,2 ºС (диапазон изменений от –2,4 ºС до 2,2 ºС), увеличение среднемесячных осадков июля и января в среднем на 1,8 и 1,2 мм соответственно (табл. 1). На территориях, расположенных преимущественно в Субарктической климатической зоне (Мурманская и Магаданская области), среднемесячные температуры января и июля в среднем снизились на –0,7 ºС и –0,9 ºС соответственно, на территориях смешанного типа Арктической и Субарктической зон температурные показатели выросли на 0,1 ºС и 1,6 ºС соответственно (табл. 1). В среднем по всем

анализируемым субъектам среднемесячные температуры июля и января увеличились относительно среднемноголетних значений на 1,2 º и 1,9 ºС соответственно.

Таблица 1

Динамика изменений погодно-климатических показателей за период 2010–2019 гг.

Субъект РФ	Тип климата	Средне-месячная температура (январь, ºС)	Средне-месячная температура (июль, ºС)	Средне-месячное количество осадков (январь, мм)	Средне-месячное количество осадков (июля, мм)
Красноярский край (северная часть)	Арктический и субарктический	–1,6	4,9	0,1	0,1
Ненецкий АО	Арктический и субарктический	0,5	–0,4	–7,0	20,0
Республика Саха (Якутия) (северная часть)	Арктический и субарктический	–2,4	1,0	–1,0	–9,0
Чукотский АО	Арктический и субарктический	2,2	2,5	3,0	1,0
Ямало-Ненецкий АО (северная часть)	Арктический и субарктический	0	3,1	–7,0	0
Магаданская область (континентальная часть)	Субарктический	0,8	–0,6	7,0	11,0
Мурманская область (северная часть)	Субарктический	–2,2	–1,2	12,0	–12,0

По результатам сценарного моделирования получены дифференцированные оценки эмерджентного влияния на ОПЖ погодно-климатических условий арктического и субарктического климата на анализируемых территориях: климатообусловленные потери показателя ОПЖ варьируются от 164 дней в Республике Саха (Якутия) до 349 дней в Чукотском АО (рис. 3). В среднем для РФ величина потерь ОПЖ от погодно-климатического фактора составила 191,7 дня [22].

Рис. 3. Потери показателя ОПЖ, обусловленные влиянием погодно-климатических факторов, 2018 г., дни

Наблюдаемое за последнее десятилетие изменение климата в Арктической и Субарктической зонах отразилось и на интегральном показателе здоровья – ожидаемой продолжительности жизни. За период 2010–2019 гг. на всех территориях субъектов РФ, расположенных в Арктической и Субарктической зонах увеличились значения показателя ОПЖ в среднем на 9,7 % (в диапазоне от 4,9 % – Мурманская область до 18,4 % – Чукотский АО) и находились на уровне 68,1–74,2 г. (табл. 2). Наибольший рост показателя ОПЖ за анализируемый период установлен в Чукотском АО – 10,6 г., при этом на момент 2010 г. показатель ОПЖ в данном субъекте имел наименьшие значения в РФ – 57,5 г.

Таблица 2

Оценка вероятностного влияния погодно-климатических факторов на показатель ОПЖ за период 2010–2019 гг.

Субъект РФ	Тип климата	Значение показателя ОПЖ в 2019 г. в субъекте РФ, лет	Фактическое изменение показателя ОПЖ за 2010–2019 гг., дни (годы)	Влияние погодно-климатических факторов и его вклад в изменение ОПЖ за 2010–2019 гг., дни (%)
Красноярский край (северная часть)	Арктический и субарктический	69,8	821,3 (2,3)	49,0 (5,9)
Ненецкий АО	Арктический и субарктический	73,2	3 019,0 (8,3)	–211,0 (–7,0)
Республика Саха (Якутия) (северная часть)	Арктический и субарктический	73,0	2 281,0 (6,3)	111,0 (4,9)
Чукотский АО	Арктический и субарктический	68,1	3 869,0 (10,6)	–109,0 (–2,8)
Ямало-Ненецкий АО (северная часть)	Арктический и субарктический	74,2	1 507,0 (4,1)	–8,0 (–0,5)
Магаданская область (континентальная часть)	Субарктический	69,7	1 675,0 (4,6)	–254,0 (–13,2)
Мурманская область (северная часть)	Субарктический	71,8	1 212,0 (3,3)	13,0 (1,1)

Совокупное влияние погодно-климатических факторов за данный период обусловило вариативные эффекты на ОПЖ: от его негативных эффектов в виде снижения показателя ОПЖ в Магаданской области, Ненецком, Чукотском и Ямало-Ненецком АО (–254; –211; –109 и –8 дней соответственно) до его положительных – в виде роста показателя до 111 дней в Республике Саха (Якутия). Вклад влияния погодно-климатических факторов на фактически регистрируемые значения показателя ОПЖ по результатам сценарного моделирования составил от –13,2 % (Магаданская область) до 4,9 % (Республика Саха (Якутия)) (табл. 2). Наибольшее положительное влияние регистрируемых изменений погодно-климатических факторов наблюдается в Республике Саха (Якутия) – 111 дней, при этом фактический рост показателя ОПЖ за 2010–2019 гг. был одним из наиболее высоких среди анализируемых территорий (6,3 г.), что может быть связано как с комплексным системным улучшением в области санитарно-эпидемиологического

благополучия территорий, социально-демографической ситуации, показателей образа жизни населения, так и с постепенным изменением погодно-климатических условий в сторону потепления.

Вероятные причины по большей части положительного влияния изменения погодно-климатических показателей на ОПЖ могут объясняться улучшением условий навигации на Северном морском пути, ростом продолжительности вегетационного периода для сельскохозяйственной деятельности, снижением напряжения на регуляторные системы организма человека, поддерживающих его адаптационные возможности, и др. Вместе с тем на ряде территорий получены отрицательные значения влияния погодно-климатических показателей на ОПЖ (Магаданская область, Ненецкий, Чукотский и Ямало-Ненецкий АО), что может объясняться такими причинами, как: деградация почвы с разрушением фундаментов, зданий, сооружений, инженерной инфраструктуры; расширением ареала обитания кровососущих членистоногих; нарушением баланса местных экосистем и другими причинами. Кроме того, на территории Магаданской области за 2010–2019 гг. регистрируются наибольшие амплитудные характеристики среднемесячных осадков января и июля (47 и 96 мм), и одна из наиболее высоких амплитуд среднемесячной температуры января (10,6 ºС), что свидетельствует о резких перепадах погодно-климатических условий на протяжении анализируемой декады лет. Подобные изменения могут отрицательно сказываться на здоровье населения, обостряя течение хронических заболеваний, оказывая дополнительную нагрузку на системы адаптации человеческого организма, ухудшая социально-экономические условия проживания.

Результаты оценки влияния погодно-климатических факторов на ОПЖ на территориях Красноярского края, расположенных в Арктической и Субарктической зонах, показали, что несмотря на некоторое снижение среднемесячных температур января (с –23,2 ºС в 2010 г. до –24,8 ºС в 2019 г. в г. Норильск) и значимое увеличение среднемесячных температур июля (с 12,3 ºС до 17,2 ºС) наблюдаемые климатические тенденции обусловили рост ОПЖ за анализируемый период на 49 дней (табл. 2).

Выводы. По результатам исследования влияния погодно-климатических показателей на популяционное здоровье населения, проживающего на территориях субъектов РФ Арктической и Субарктической зон, на примере показателя ОПЖ установлено:

1. В динамике за период 2010–2019 гг. на исследуемых территориях субъектов РФ, расположенных в Арктической и Субарктической климатических зонах, произошло увеличение среднемесячных температур июля в среднем на 0,7 ºС и некоторое снижение среднемесячных температур января – диапазон изменений от -2,4 º до 2,2 ºС, увеличение среднемесячных осадков июля и января в среднем на 1,8 и 1,2 мм соответственно. Отклонение температур июля и января от среднемноголетних значений в сторону увеличения составило 1,2 º и 1,9 ºС соответственно. В целом регистрируемые изменения в виде увеличения среднемесячных температур и осадков, а также их среднегодовых отклонений отражают текущую климатическую теорию о глобальном потеплении.

2. На исследуемых территориях установлены потери ОПЖ от погодно-климатического фактора на фоне действия комплекса социально-гигиенических де-

терминант в диапазоне от 349 дней (Чукотский АО) до 164 дней (Республика Саха). Наибольшие потери наблюдаются в Чукотском АО и Магаданской области (349 и 346 дней соответственно).

3. Фиксируемое за последнее десятилетие потепление климата на территориях Арктической и Субарктической зон обусловило вариативные эффекты влияния погодно-климатических факторов на ОПЖ: наибольшие эффекты положительного влияния установлены для Республики Саха (Якутия, северная часть) – 111 дней, Красноярского края (северная часть) – 49 дней; наибольшее отрицательное влияние получено для Магаданской области – 254 дня.

4. Установленные эффекты влияния погодно-климатических факторов на состояние здоровья населения согласуются с текущими оценками экспертов государственных и межправительственных организаций о неоднозначности действия погодно-климатических условий в прогнозируемой перспективе глобального потепления, что требует дальнейших исследований в области установления множественности влияния погодно-климатических и метеорологических факторов на медико-демографическую ситуацию, в том числе на арктических территориях РФ.

Список литературы

1. Адаптивный иммунный статус у представителей различных социально-профессиональных групп жителей Европейского Севера Российской Федерации / Л.С. Щёголева, О.Е. Сидоровская, Е.Ю. Шашкова [и др.] // Экология человека. – 2017. – № 10. – С. 46–51.

2. Артоболевский С.С., Бакланов П.Я., Трейвиш А.И. Пространство и развитие России: полимасштабный анализ // Вестник РАН. – 2009. – Т. 79 (2). – С. 101–112.

3. Биометеорология [Электронный ресурс]. – URL: https://ecoimpact-ple.com/ru/categories/157.html (дата обращения: 15.04.2022).

4. Вронский В.А. Экология: словарь-справочник. – 2-е изд. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. – 574 с.

5. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Раздел 6. Воздействия изменения климата на хозяйственные объекты и здоровье населения. Меры адаптации к этим воздействиям. – М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2014. – С. 43–56.

6. Григорьева Е.А. Климат как экологический фактор жизнедеятельности человека: автореф. дис. … д-ра биол. наук. – Владивосток: ДВФУ, 2016. – 36 с.

7. Григорьева Е.А. Смертность населения при экстремальных температурах: методика прогноза и результаты оценки // Гигиена и санитария. – 2019. – № 11. – С. 1279–1284.

8. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. – М., 2020. – 97 с.

9. Изменение климата и здоровье [Электронный ресурс]. – URL: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health (дата обращения: 15.04.2022).

10. Метеорология и климатология: учебник / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. – 7-е изд. – М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. – 582 с.

11. МР 2.1.10.0269–21. Определение социально-гигиенических детерминант и прогноз потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации с учётом региональной дифференциации: метод. рекомендации. – М., 2021. – 113 с.

12. Новый подход к анализу влияния погодных условий на организм человека / М.М. Салтыкова, И.П. Бобровницкий, М.Ю. Яковлев [и др.] // Гигиена и санитария. – 2018. – № 11. – С. 1038–1042.

13. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. – М.: Минприроды; НПП «Кадастр». – 2019. – 844 с.

14. Опарин Р.В., Жерносенко И.А., Кольцов И.А. Проблема изменения климата и жизнь: Технология формирования экологически ориентированного мировоззрения. – Lambert Academic Publishing, 2013. – 344 с.

15. Пивоваров Ю.П., Королик В.В., Зиневич Л.С. Гигиена и основы экологии человека. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. – 512 с.

16. Причины привычной потери беременности в субарктическом регионе России: обзор литературы / В.С. Шелудько, А.Э. Каспарова, Л.В. Коваленко, Т.Н. Соколова // Экология человека. – 2020. – № 6. – С. 13–21.

17. Рахманов Р.С., Тарасов А.В. Адаптационные реакции организма при влиянии морского климата на здоровье населения в регионах России: монография. – Н. Новгород: ООО «Стимул-СТ», 2018. – 100 с.

18. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019: Р32 Статистический сборник / Росстат. – М., 2019. – 1204 с.

19. Российский статистический ежегодник. 2019: статистический сборник / Росстат. – М., 2019 – 708 с.

20. Русанов В.И. Методы исследования климата для медицинских целей. – Томск: Изд-во ТГУ, 1973. – 191 с.

21. Угрюмов А.И. По сведениям Гидрометцентра…: занимат. метеорология и прогнозы погоды. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1994. – 230 с.

22. Эмерджентность и вариативность влияния погодно-климатических факторов на ожидаемую продолжительность жизни населения российской федерации с учётом дифференциации регионов по социально-экономическим и санитарно-эпидемиологическим детерминантам / Н.В. Зайцева, С.В. Клейн, Д.А. Кирьянов, М.В. Глухих, М.Р. Камалтдинов // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 4. – С. 62–75. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.07.

23. Global Warming of 1.5 °C [Электронный ресурс]. – URL: https: //www.ipcc.ch/sr15/ (дата обращения: 15.04.2022).

Исследование показателей негативных эффектов у детей в условиях сочетанного воздействия аэрогенных химических и неблагоприятных климатических факторов*

*В рамках международной встречи по окружающей среде и здоровью RISE-2022

Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, Ю.В. Кольдибекова

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

В отдельных регионах Российской Федерации наблюдаются высокие уровни химического загрязнения атмосферного воздуха (более 5 $ПДК_{сс}$) на фоне экстремальных климатических факторов. Сочетанное воздействие факторов может расширять спектр и усугублять негативные эффекты со стороны здоровья подверженного населения, в первую очередь детского. Существующие неблагоприятные условия диктуют необходимость углубленного изучения изменения показателей гомеостаза, отражающих негативные эффекты со стороны органов-мишеней.

С целью выявления показателей негативных эффектов со стороны здоровья у детей в условиях сочетанного воздействия аэрогенных химических и неблагоприятных климатических факторов выполнено исследование биохимических показателей, отражающих функциональное состояние критических органов и систем, проведен анализ информации о фактических заболеваниях детей по результатам комплексного углубленного обследования.

В условиях длительного сочетанного воздействия химических и неблагоприятных климатических факторов у детей в возрасте 3–6 лет установлены изменения уровня биохимических, общеклинических показателей, характеризующие развитие негативных эффектов в виде напряжения тиреоидной функции, формирования воспалительного процесса, риска развития ранних сосудистых нарушений, ухудшения эндогенной вазомоторики в тканях миокарда и нейро-эндокринной регуляции. Подтверждением выявленных негативных эффектов является повышенная до 5,6 раза частота ассоциированных заболеваний органов дыхания лимфопролиферативных процессов в носоглотке и хронических неспецифических заболеваний, функциональных расстройств нервной, эндокринной систем и системы кровообращения. Установленные показатели негативных эффектов целесообразно использовать для мониторинга состояния здоровья и повышения эффективности разработки медико-профилактических мероприятий для детей, проживающих в условиях воздействия неблагоприятных (экстремальных) климатических факторов и высоких уровней загрязнения атмосферного воздуха.

Ключевые слова: аэрогенные химические факторы, климатические факторы, сочетанное воздействие, негативные эффекты.

В настоящее время порядка 15–20 % субъектов Российской Федерации расположены в зонах, характеризующихся одновременным воздействием высокого уровня химического загрязнения атмосферного воздуха (более 5 $ПДК_{сс}$) и неблагоприятных климатических факторов (аномально низкая температура воздуха, высокая влажность воздуха, сильные ветра, низкая инсоляция) [9]. Приоритетными компонентами интенсивного загрязнения атмосферного воздуха селитебных территорий в данных ре-

гионах являются бенз(а)пирен, формальдегид, дигидросульфид, взвешенные вещества, фтористый водород, металлы (в том числе никель, медь, алюминий, хром (VI)), хлористый водород, сероводород, ароматические углеводороды и прочие, относящиеся, преимущественно к 1–2-му классам опасности веществ [9]. Перечисленные химические вещества и экстремальные климатические факторы могут обусловливать перестройку гомеостатических систем организма, усугублять развитие дезадаптивных реакций и напряжение механизмов иммуногормональной регуляции, кровообращения, бронхолегочной системы, повышать скорость окислительно-восстановительных процессов, нарушать функциональное состояние барьерных органов (печени, почек, селезенки, легких и иммунной системы) [1–8, 10–11].

Следствием сочетанного негативного воздействия разнородных факторов может являться повышенная хроническая заболеваемость населения, в первую очередь детского – как наиболее чувствительной субпопуляции. Подтверждением чего являются более высокие уровни заболеваемости населения болезнями органов дыхания, нервной, сердечно-сосудистой систем относительно среднероссийских показателей в 1,5–2,5 раза.

Актуальность обозначенной проблемы диктует необходимость углубленного изучения изменений показателей гомеостаза, отражающих развитие негативных эффектов со стороны органов-мишеней, для обоснования эффективных мер профилактики неинфекционных заболеваний, ассоциированных с сочетанным воздействием химических и неблагоприятных (экстремальных) климатических факторов.

Данные исследования продолжают цикл работ, проводимых Федеральным научным центром медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, по идентификации биомаркеров негативных эффектов у детей в условиях воздействия разнородных факторов среды.

Цель исследования – выявление показателей негативных эффектов со стороны здоровья у детей в условиях сочетанного воздействия аэрогенных химических и неблагоприятных климатических факторов.

Материалы и методы. Объектом исследования явилось состояние здоровья детей в возрасте 3–6 лет, проживающих на территории, характеризующейся сочетанным воздействием высоких уровней аэрогенной экспозиции химических факторов и комплекса неблагоприятных климатических факторов (группа наблюдения). В качестве группы сравнения выбраны дети аналогичного возраста, проживающие на территории относительного санитарно-эпидемиологического благополучия с умеренным климатом.

Общие сведения о климатических факторах получены из открытых источников, содержащих информацию о климате территорий. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха проведена по данным, полученным в точках контроля в ходе социально-гигиенического мониторинга за 2014–2018 гг. Обследование детей выполнено с соблюдением этических принципов Хельсинкской декларации (WMA Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013) и одобрено в установленном порядке комитетом по биомедицинской этике ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» с обязательным получением информированного добровольного согласия законного представителя.

Лабораторные исследования включали биохимические и общеклинические показатели, отражающие возможные негативные эффекты со стороны органов-мишеней: уровень эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина, скорости оседания эрит-

роцитов (СОЭ) крови, содержание эозинофилов, нейтрофилов в назальном секрете, индекс эозинофилии, содержание аполипопротеинов А1 (Apo A1) и В100 (Apo-B) с определением их соотношения, уровень тиреотропного гормона (ТТГ) и тироксина (T_4), кортизола в сыворотке крови, содержание нейротропина-3 в сыворотке крови, катехоламинов (адреналин, дофамин, норадреналин, серотонин) в плазме крови.

Оценку полученных значений показателей у детей группы наблюдения выполняли относительно показателей в группе сравнения с применением стандартных статистических процедур с использованием программы Statistica 10. Значимость различий двух независимых выборок определяли с использованием непараметрического метода по критерию Манна – Уитни ($U \leq U_{кр}$). Уровень значимости при проверке статистических гипотез принимали $p \leq 0{,}05$.

Анализ информации о заболеваниях детей проведен по результатам комплексного объективного врачебного осмотра, удовлетворяющего критериям Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем, десятого пересмотра (МКБ-10) с выявлением количества случаев заболевания на момент обследования. Врачебное обследование выполнено специалистами выездной бригады отдела гигиены детей и подростков (зав. отделом канд. мед. наук С.Л. Валина). Для выделения приоритетных заболеваний со стороны критических органов и систем использовали критерии: уровень заболеваемости в группе наблюдения, достоверно отличающийся от уровня заболеваемости в группе сравнения ($p \leq 0{,}05$).

Результаты. Оценка климатических условий показала, что дети, проживающие на территории наблюдения, подвергаются действию неблагоприятных климатических факторов (снижение до 4,3 раза индексов НЭЭТ и повышение до 2,4 раза суточных перепадов атмосферного давления с большей амплитудой) относительно территории сравнения.

В условиях воздействия изучаемых климатических факторов у детей группы наблюдения отмечалось статистически значимое изменение показателей крови (повышение до 1,7 раза уровня лейкоцитов и СОЭ крови) относительно показателей у детей группы сравнения (табл. 1), что может свидетельствовать о развитии воспалительной реакции, в первую очередь, со стороны верхних дыхательных путей.

Выявлено напряжение тиреоидной функции, о чем свидетельствует повышение в 1,4 раза уровня ТТГ в сыворотке крови относительно аналогичного показателя в группе сравнения ($p = 0{,}0001$). Согласно данным аннотируемых научных источников, в условиях воздействия низких температур атмосферного воздуха, особенно их перепадов, наблюдается повышение уровня тиреоидных гормонов в крови, обеспечивающих компенсаторную переносимость воздействия сниженных температур за счет роста потребления кислорода и увеличения теплопродукции [4, 7]. При этом длительное напряжение тиреоидной функции может приводить к нарушению расслабления желудочков, появлению суправентрикулярных аритмий, росту артериального давления и дальнейшему каскаду патологических процессов, приводящих в конечном счете к сосудистым нарушениям и прогнозированию в дальнейшем сердечной недостаточности [16].

Оценка отдельных показателей липидного спектра у детей группы наблюдения относительно группы сравнения свидетельствует о снижении в 1,2 раза Apo A1 и повышении до 1,3 раза уровня Apo-B и Apo-B/ApoA1 в сыворотке крови ($p = 0{,}0001$), что оценивается как риск раннего развития сосудистых нарушений.

Выявленные изменения уровней аполипопротеинов подтверждаются результатами исследования протеомного пула плазмы крови, позволяющими предположить возможные негативные эффекты со стороны дисфункции эндотелия сосудов. Установлены изменения уровней аполипопротеина А1 (ген APOA1), аполипопротеина С-II (ген APOC2), аполипопротеина С-III (ген APOC3), амилоидного белка А-1 (ген SAA1), P2Y пуринорецептора 12 (ген P2RY12).

Таблица 1

Показатели негативных эффектов у детей, подвергающихся неблагоприятному воздействия климатических факторов

Показатель	Группа наблюдения, $\bar{X} \pm SEM$	Группа сравнения, $\bar{X} \pm SEM$	Достоверность различий $p \leq 0{,}05$
Кровь			
Эритроциты, 10^{12}/дм^3	4,71 ± 0,06	4,41 ± 0,07	0,0001
Гемоглобин, г/дм^3	132,87 ± 1,72	132,71 ± 1,63	0,900
Лейкоциты, 10^9/дм^3	6,68 ± 0,35	5,85 ± 0,38	0,0001
СОЭ, мм/ч	7,53 ± 0,65	4,35 ± 0,38	0,0001
Сыворотка крови			
ТТГ, мкМЕ/см^3	3,45 ± 0,22	2,43 ± 0,23	0,0001
T_4 свободный, моль/дм^3	12,37 ± 0,29	13,76 ± 0,32	0,0001
Аро-В/АроА1, г/дм^3	0,57 ± 0,027	0,45 ± 0,035	0,0001
Аро А1, г/дм^3	1,42 ± 0,03	1,69 ± 0,09	0,0001
Аро-В, г/дм^3	0,82 ± 0,03	0,72 ± 0,04	0,0001
Кортизол, нмоль/см^3	241,59 ± 18,71	281,85 ± 31,89	0,040
Плазма крови			
Адреналин, пг/см^3	79,49 ± 2,01	69,55 ± 3,97	0,0001
Дофамин, пг/см^3	58,44 ± 2,9	59,35 ± 3,91	0,710
Норадреналин, пг/см^3	383,99 ± 19,29	384,23 ± 24,22	0,990
Серотонин, нг/см^3	99,18 ± 13,57	250,06 ± 29,05	0,0001

Механизмы развития атеросклероза от ранней эндотелиальной дисфункции до образования атеросклеротических бляшек обусловливают гипоксию миокарда, продукцию провоспалительных цитокинов, вызывающих местную аритмогенную активность, в механизме которой принимает участие нарушение симпатоадреналовой регуляции [13]. В связи с этим обращает на себя внимание изменение уровня ряда гормонов и нейромедиаторов, отражающих дисрегуляцию симпатоадреналовой системы. Так, у детей группы наблюдения относительно группы сравнения установлено снижение в 1,2–2,5 раза содержания кортизола и серотонина (p = 0,0001–0,040) при повышенном уровне адреналина в крови (p = 0,0001). Низкий уровень кортизола коррелирует с нарушениями центральной регуляции продукции кортикотропин-релизинг фактора, которая осуществляется лимбическими структурами мозга, связанными с продукцией нейротрансмиттеров, в том числе серотонина [14]. Дисбаланс между секрецией катехоламинов и серотонина в крови при действии неблагоприятных климатических факторов является, вероятно, одним из проявлений нарушения защитно-приспособительной реакции организма. Это способствует снижению резистентности к гипертермии, гипоксии, а также ухудшению эндогенной вазомоторики в тканях миокарда и нарушению метаболизма кардиомиоцитов [12].

В условиях воздействия химических факторов (меди, никеля, алюминия, фторидов газообразных в концентрациях от 0,005 мг/м^3 до 0,02 мг/м^3) у экспонированных детей формируется повышенное в 1,2–3,0 раза содержание в биосредах химических веществ, адекватных факторам аэрогенной экспозиции. Повышенное содержание токсичных химических веществ в биосредах может способствовать расширению спектра и усугублению степени выраженности текущих негативных нарушений со стороны здоровья детей. Выявлен комплекс показателей, отклонения которых характеризуют развитие негативных эффектов в ответ на сочетанное воздействие химических и неблагоприятных климатических факторов, проявляющиеся в виде: сенсибилизации верхних и нижних отделов дыхательных путей (повышение в 1,2 раза эозинофилов в назальном секрете, повышение уровня IgE общего в крови); нарушения баланса нейромедиаторов (снижение в 1,2 раза уровня ацетилхолина в сыворотке крови, повышение в 1,9 раза серотонина); изменения состояния гумморального иммунитета (понижение уровня IgA, IgM в крови); нарушения восстановления поврежденных нейрональных структур (повышение в 1,3 раза уровня нейротропина-3 в сыворотке крови) (табл. 2).

Таблица 2

Показатели негативных эффектов у детей, подвергающихся негативному воздействию химических и неблагоприятных климатических факторов

Показатель	Группа наблюдения, $\bar{X} \pm SEM$	Группа сравнения, $\bar{X} \pm SEM$	Достоверность различий, $p \leq 0{,}05$
Назальный секрет			
Индекс эозинофилии, %	1,890 ± 0,426	2,001 ± 0,682	0,789
Нейтрофилы, ед./п. зр.	22,806 ± 1,621	21,956 ± 2,753	0,602
Эозинофилы, ед./п. зр.	5,931 ± 1,874	5,112 ± 1,029	0,046
Кровь			
Гемоглобин, г/дм^3	133,27 ± 1,36	132,87 ± 1,72	0,721
Эритроциты, 10^{12}/дм^3	4,77 ± 0,05	4,71 ± 0,06	0,127
Лейкоциты, 10^9/дм^3	6,28 ± 0,32	6,68 ± 0,35	0,104
СОЭ, мм/ч	5,79 ± 0,82	7,53 ± 0,65	0,002
Сыворотка крови			
IgE общий, МЕ/см^3	106,92 ± 29,45	100,60 ± 18,724	0,039
Нейротропин-3, пг/см^3	8,39 ± 1,26	6,74 ± 1,05	0,048
Ацетилхолин, пг/см^3	28,18 ± 1,33	33,02 ± 2,09	0,0001
IgG, г/дм^3	10,23 ± 0,22	11,39 ± 0,38	0,0001
IgM, г/дм^3	1,39 ± 0,04	1,49 ± 0,06	0,011
IgA, г/дм^3	1,22 ± 0,05	1,34 ± 0,08	0,022
АпоВ/АпоА1, г/дм^3	0,59 ± 0,03	0,57 ± 0,03	0,191
Аполипопротеин А1, г/дм^3	1,61 ± 0,09	1,42 ± 0,03	0,0001
Аполипопротеин В-100, г/дм^3	0,89 ± 0,03	0,82 ± 0,03	0,001
T_4 свободный, пмоль/дм^3	13,43 ± 0,16	12,42 ± 0,36	0,095
ТТГ, мкМЕ/см^3	2,93 ± 0,15	3,20 ± 0,25	0,069
Кортизол, нмоль/см^3	277,28 ± 20,60	241,59 ± 18,71	0,141
Плазма крови			
Дофамин, пг/см^3	62,35 ± 2,01	58,44 ± 2,94	0,034
Норадреналин, пг/см^3	389,46 ± 12,75	383,99 ± 19,29	0,637
Адреналин, пг/см^3	77,49 ± 1,54	79,49 ± 2,01	0,122
Серотонин, нг/см^3	185,24 ± 14,88	99,18 ± 13,57	0,0001

Установленные изменения биохимических показателей, характеризующих негативные эффекты со стороны критических органов и систем, а именно эндокринной, нервной и системы кровообращения, фактически подтверждаются повышенной частотой развития соответствующих заболеваний. Так, в условиях сочетанного воздействия химических и неблагоприятных климатических факторов у детей группы наблюдения относительно сравниваемой группы установлена повышенная частота встречаемости болезней органов дыхания (гипертрофии миндалин, хронический ринит) до 1,7 раза (p = 0,010–0,024), системы кровообращения (в виде синдрома слабости синусового узла) до 5,6 раза (p = 0,0001–0,007), нервной системы (функциональных расстройств) до 2,6 раза (p = 0,031), эндокринной системы (болезни щитовидной железы неуточненные) до 1,2 раза (p = 0,033) (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительный анализ структуры заболеваемости детей исследуемых групп, %

Класс болезней/ Нозология (МКБ-10)	Частота встречаемости заболевания, %		Достоверность различий в группах, $p \leq 0,05$
	Группа наблюдения	Группа сравнения	
Заболевания органов дыхания (J00–J99), в том числе:	59,2	44,9	0,010
– гипертрофия небных миндалин (J35.1)	24,8	14,7	0,024
– хронический ринит (J31.0)	19,3	8,7	0,003
Болезни кровообращения (I00–I99), в том числе:	18,8	5,5	0,0001
– кардиомиопатия неуточненная (R01.0)	5,9	0,0	0,010
– синдром слабости синусового узла (I49.5)	10,1	1,8	0,007
Болезни эндокринной системы (E00–E920), в том числе:	53,7	44,95	0,033
– болезни щитовидной железы неуточненные (E07)	5,9	0,0	0,010
Функциональные расстройства ЦНС и ВНС, в том числе: – синдром вегетативных дисфункций (G90.8); – астеноневротический синдром (G93.8)	11,9	4,6	0,031

Обращает на себя внимание установленная частота болезней щитовидной железы (5,9 %) и кардиомиопатии у детей в группе наблюдения при отсутствии данных диагнозов в группе сравнения (p = 0,010). Полученные данные по структуре заболеваемости обследуемых детей корреспондируют с результатами отечественных и зарубежных исследований, свидетельствующих о влиянии неблагоприятных климатических и химических факторов, на формирование заболеваемости болезней органов дыхания и нейроэндокринной системы. Долевой вклад химических факторов в ассоциированные случаи заболеваний органов дыхания составил от 31,0 до 94,0 %, нервной системы – от 25 до 84 %. Вклад неблагоприятных климатических факторов в ассоциированные случаи заболеваний нервной системы – от 12 до 80 %.

Выводы. В условиях длительного сочетанного воздействия химических и неблагоприятных климатических факторов у детей в возрасте 3–6 лет установлены изменения уровня биохимических и клинических показателей, характеризующие развитие негативных эффектов в виде напряжения тиреоидной функции, формирования воспалительного процесса, риска развития ранних сосудистых нарушений, ухудшения эндогенной вазомоторики в тканях миокарда и нейроэндокринной регуляции. Подтверждением выявленных негативных эффектов является повышенная

до 5,6 раза частота ассоциированных заболеваний органов дыхания лимфопролиферативных процессов в носоглотке и хронических неспецифических заболеваний, функциональных расстройств нервной, эндокринной систем и системы кровообращения. Установленные показатели негативных эффектов целесообразно использовать для мониторинга состояния здоровья и повышения эффективности разработки медико-профилактических мероприятий для детей, проживающих в условиях воздействия неблагоприятных (экстремальных) климатических факторов и высоких уровней загрязнения атмосферного воздуха.

Список литературы

1. Балабина Н.М. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на первичную заболеваемость взрослого городского населения анемиями // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2005. – № 1. – С. 116–119.

2. Бочаров М.И. Терморегуляция организма при холодовых воздействиях (Обзор). Сообщение I // Журнал медико-биологических исследований. – 2015. – № 1. – С. 5–15.

3. Григорьева Е.А. Климатическая дискомфортность Дальнего Востока России и заболеваемость населения // Региональные проблемы. – 2018. – № 21 (2). – С. 105–112.

4. Губина А.Е., Койносов А.П. Сезонные изменения показателей иммунной и эндокринной систем спортсменов в природно-климатических условиях Среднего Приобья // Экология человека. – 2018. – № 2. – С. 31–36.

5. Гудков А.Б., Попова О.Н., Лукманова Н.Б. Эколого-физиологическая характеристика климатических факторов севера. Обзор литературы // Экология человека. – 2012. – № 1. – С. 12–17.

6. Климатогеографичекие особенности ханты-мансийского автономного округа – Югры и их влияние на здоровье населения / Т.Я. Корчина, В.И. Корчин, И.В. Лапенко [и др.] // Вестник угроведения. – 2014. – № 3 (18). – С. 166–174.

7. Кубасов Р.В. Гормональные изменения в ответ на экстремальные факторы внешней среды // Вестник РАМН. – 2014. – № 9–10. – Р. 102–109.

8. Макоско А.А, Матешева А.В. О тенденциях распространенности экологически обусловленных заболеваний вследствие техногенного загрязнения атмосферы // Инновации. – 2012. – № 10 (168). – С. 98–105.

9. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. – 299 с.

10. Петров С.Б. Эколого-эпидемиологическая оценка влияния взвешенных веществ в атмосферном воздухе на развитие болезней системы кровообращения // Экология человека. – 2011. – № 2. – С. 3–7.

11. Ревич Б.А. Климатические изменения как новый фактор риска для здоровья населения российского севера // Экология человека. – 2009. – № 6. – Р. 11–16.

12. Identification of weather variables sensitive to dysentery in disease-affected county of China // J. Liu, X. Wu, C. Li [et al.] // Science of The Total Environment. – 2017. – № 575. – P. 956–962. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.153

13. Seasonal variations in cardiovascular disease / S. Stewart, A.K. Keates, A. Redfern, J.J.V. McMurray // Nature Reviews Cardiology. – 2017. – № 14. – P. 654–664. DOI: 10.1038/nrcardio.2017.76

14. Shiue I., Perkins D.R., Bearman N.J. Physically equivalent temperature and mental and behavioural disorders in Germany in 2009-2011 // Ment. Health. – 2016. – Vol. 25 (2). – P. 148–153. DOI: 10.3109/09638237.2015.1101431

15. The impact of cold on the respiratory tract and its consequences to respiratory health / M. D'Amato, A. Molino, G. Calabrese [et al.] // Clin. Transl. Allergy. – 2018. – № 8 (20). – P. 1–8. DOI: https://doi.org/10.1186/s13601-018-0208-9

16. The Influence of Subclinical Hyperthyroidism on Blood Pressure / G. Kaminski, K. Makowski, D. Michałkiewicz [et al.] // Heart Rate Variability, and Prevalence of Arrhythmias. Thyroid. – 2012. – № 22 (5). – P. 454–460. DOI: 10.1089/thy.2010.0333

Проблемы с исследованиями в области нейродегенеративных заболеваний и факторов окружающей среды*

*В рамках международной встречи по окружающей среде и здоровью RISE-2022

К. Жуковская

RISE, специализированная группа по окружающей среде и здоровью, г. Страсбург, Франция

Обзор нейродегенеративных заболеваний в мире в связи с факторами окружающей среды выявил ряд проблем с точки зрения подхода. Осуществлен анализ данных, связанных с такими заболеваниями, как болезнь Альцгеймера, Паркинсона, Хантингтона, рассеянный склероз и боковой амиотрофический склероз. Воздействие твердых частиц (ТЧ), металлов, пестицидов и других веществ показало сильную связь с обострением и возникновением нейродегенеративных заболеваний. Также было проведено большое количество исследований, включая и на животных, которые демонстрируют, что воздействие влияет на метилирование ДНК, а также на биом кишечника. Несомненно, ультрадисперсные частицы могут проникать в организм через слизистую оболочку, дыхательную, желудочно-кишечную системы, плаценту и гематоэнцефалический барьер, тем самым достигая центральной нервной системы, а также влияя на метилирование ДНК, но время и продолжительность воздействия не менее важны. Понимание того, как одновременно взаимодействуют генетические факторы и факторы окружающей среды, – это направление, которое необходимо развивать в будущем, чтобы объединить все научные результаты в этой области.

Ключевые слова: нейродегенеративные заболевания, генетические факторы, факторы окружающей среды.

Вопрос выбора источника информации об уязвимых органах и системах в процедуре оценки риска. Выполнение сравнительных расчетов неканцерогенного риска

Д.С. Исаев[1], Г.Б. Еремин[1], Н.А. Мозжухина[2], Л.А. Леванчук[1]

[1]ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
[2]ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава РФ,
г. Санкт-Петербург, Россия

В процессе выполнения оценки риска здоровью населения проводится обобщение информации о критических органах и системах и вредных эффектах. Информацию о критических органах и системах используют для характеристики неканцерогенного риска. Вопрос выбора остается за специалистом, выполняющим оценку риска.

В настоящей работе проведена оценка риска здоровью населения от выбросов в атмосферный воздух реального объекта. Выполнен расчет неканцерогенных рисков на основе различных источников информации и произведено суммирование значений для критических органов и систем. При использовании руководства Р 2.1.10.1920-04 по оценке риска получены наименьшие значения риска для критических органов и систем; при использовании федерального регистра выявлены существенно отличающиеся результаты. В процессе актуализации руководства необходимо изучить проблему и принять решение по выбору источника информации о критических органах и системах.

Ключевые слова: оценка риска, неканцерогенный риск, атмосферный воздух, суммация, критические органы и системы, коэффициент опасности (*HQ*).

В Российской Федерации оценка риска здоровью населения применяется в соответствии с санитарным законодательством[1] при установлении санитарно-защитных зон (СЗЗ) для предприятий I–II классов опасности. Согласно руководству при расчете неканцерогенного риска целесообразно учитывать возможность аддитивности (суммации) действия веществ, воздействующих на одни и те же органы или системы организма. Актуален вопрос выбора источников информации о наиболее уязвимых органах и системах.

Цель исследования – обосновать необходимость выбора источника информации для оценки значения неканцерогенного риска для учета групп суммации действия химических веществ.

Материалы и методы. Проведен контент-анализ источников информации для оценки неканцерогенного риска здоровью населения. Рассмотрены различные

[1] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902065388 (дата обращения: 13.02.2022).

подходы к учету групп аддитивности (суммации) действия веществ в процессе оценки риска для реального предприятия. Выбраны приоритетные химические (загрязняющие) вещества для последующей оценки, осуществлен расчет рассеивания загрязняющих веществ с использованием УПРЗА «Эколог» ООО «Фирма “Интеграл”», а также произведен расчет неканцерогенных рисков с учетом различных групп суммации действия веществ, полученных на основе различных источников информации.

Результаты. В соответствии с действующей нормативно-технической документацией в процессе выполнения оценки риска здоровью населения на этапе «доза – ответ» проводится обобщение информации о гигиенических нормативах, безопасных уровнях воздействия и критических органах и системах и вредных эффектах. Сбор информации осуществляется на основе уже имеющихся литературных источников. Вопрос выбора источников остается за специалистом, выполняющим оценку риска.

Для характеристики неканцерогенного риска использована информация о критических органах и системах, обобщенная в литературных источниках. Химические вещества в атмосферном воздухе действуют на человеческий организм как многокомпонентная динамическая смесь [1, 10]. Однонаправленное действие при комбинации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе установлено лишь для немногих химических соединений [1]. При воздействии веществ на одни и те же органы и системы наиболее вероятным типом их комбинированного действия будет суммация (аддитивность) [1, 2, 4, 8, 10]. Основным критическим органом и системой в большинстве случаев являются органы дыхания (ОД) [1, 2, 10].

В приложении 2 Руководства[2] представлены таблицы с референтными концентрациями и критическими органами и системами. Критические органы и системы в приложении указаны не для каждого вещества, что, в свою очередь, обязывает использовать дополнительные источники информации. Справочник «Вредные вещества в промышленности»[3] располагает обширной и полной информацией по вредным веществам, встречающимся в промышленности и сельском хозяйстве, и, несмотря на то что последняя редакция была выпущена в 1976 г., актуален в настоящее время. Однако в оценке риска необходимо использовать все имеющиеся научные данные. Филиалом РПОХБВ ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора ведется Федеральный регистр потенциально опасных химических и биологических веществ. Федеральный регистр содержит информацию, касающуюся опасности химических и биологических веществ, в том числе веществ, попадающих под действие Роттердамской конвенции о процедуре предварительного обоснованного согласия в отношении отдельных опасных химических веществ и пестицидов в международной торговле от 10 сентября 1998 г.

В настоящей работе для сбора информации о критических органах и системах использовались руководство по оценке риска, справочник по вредным вещест-

[2] 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: 13.02.2022).

[3] Вредные вещества в промышленности. Т. 1–3 / под ред. Н.В. Лазарева и Э.Н. Левиной. – Л.: Химия, 1976. – 592 с.

вам в промышленности и федеральный регистр потенциально опасных химических и биологических веществ.

Объектом исследования являлась площадка комплекса по обработке и размещению отходов – площадка 1. Перечень приоритетных химических веществ, выбрасываемый предприятием, представлен в табл. 1. Проанализированы источники информации и для каждого вещества определены критические органы и системы. Данные сведены в табл. 2.

Осредненные приземные концентрации загрязняющих веществ рассчитаны с использованием унифицированной программы расчета «Эколог» фирмы «Интеграл».

Таблица 1

Перечень приоритетных химических веществ, включенных в последующую оценку риска

CAS	Наименование вещества	Выброс вещества, т/г.	Причина включ. в список	Ранг неканц.	Ранг канц.
10102-44-0	Азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота)	2,1232811	*B*, *HRI*, *C*	4	–
7664-41-7	Аммиак (азота гидрид)	3,7585310	*B*, *HRI*, *C*	2	–
1333-86-4	Углерод (пигмент черный)	1,2297902	*B*, *HRI*, *K*	6	1
7446-09-5	Сера диоксид	0,6316622	*K*, *HRI*, *C*	10	–
7783-06-4	Дигидросульфид (водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид)	0,1841590	*HRI*	5	–
630-08-0	Углерода оксид (углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	1,9675507	*B*, *C*	14	–
74-82-8	Метан	373,138214	*B*, *HRI*	3	–
71-43-2	Бензол (циклогексатриен; фенилгидрид)	0,0025179	*K*, *C*	16	4
1330-20-7	Диметилбензол (смесь о-, м-, п- изомеров) (метилтолуол)	3,1291744	*B*, *HRI*, *K*	7	–
108-88-3	Метилбензол (фенилметан)	5,1075773	*B*, *K*	13	–
100-41-4	Этилбензол (фенилэтан)	0,6699070	*B*, *K*	11	3
108-95-2	Гидроксибензол (фенол) (оксибензол; фенилгидроксид; фениловый спирт; моногидроксибензол)	0,0004663	*K*	15	–
50-00-0	Формальдегид (муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	0,6769587	*B*, *HRI*, *K*, *C*	1	2
8008-20-6	Керосин (керосин прямой перегонки; керосин дезодорированный)	0,3266173	*HRI*	9	–
	Пыль неорганическая: SiO_2 20–70 %	1,0225537	*B*, *HRI*	8	–

Примечание: в таблице приведены ранговые места химических веществ по индексу сравнительной канцерогенной опасности (*K*), для которых установлен фактор канцерогенного потенциала; по индексу сравнительной неканцерогенной опасности (*HRI*) и по величине валового выброса (*B*); вещества, входящие в перечень «короткого списка»[4] как «*C*».

[4] О списке приоритетных веществ, содержащихся в окружающей среде, и их влияние на здоровье населения: информационное письмо от 7 августа 1997 года № 11/109-111 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/456018733 (дата обращения: 13.02.2022).

Таблица 2

Перечень критических органов и систем, на которые воздействуют химические вещества

Наименование вещества	Критические органы и системы		
	Руководство по оценке риска	Справочник	Федеральный регистр
Азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота)	ОД, кровь (образование MetHb)	ОД, ССС, кровь	ЦНС, ССС, ОД, кровь (метгемоглобинообразователь), печень, почки
Аммиак (азота гидрид)	ОД	ЦНС, ОД, иммунная система, кровь	ЦНС, периферическая нервная система (ПНС), ОД, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт (ЖКТ), углеводный обмен, кровь, кожа, глаза, кислотно-щелочное равновесие (КЩР)
Углерод (пигмент черный)	ОД, системное воздействие, зубы	ЦНС, ПНС, кровь	ОД, ЖКТ, печень, ССС, кровь
Сера диоксид	ОД, смертность	ОД, кровь, щитовидная железа	ЦНС, ССС, ОД, печень, почки, ЖКТ, кровь, кожа, глаза
Дигидросульфид (водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид)	ОД (воспаление слизистой носа)	Глаза, ОД, ЖКТ, кожа, кровь	ЦНС, ОД, ЖКТ, печень, почки, селезенка, надпочечники, глаза, кожа
Углерода оксид (углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	Кровь, сердечно-сосудистая система (ССС) развитие, центральная нервная система (ЦНС)	ЦНС, кровь, ЖКТ, ПНС, кожа, ССС, щитовидная железа	ЦНС, ССС, иммунная система, ЖКТ, печень, почки, надпочечники, щитовидная железа, кровь; кожа, глаза (при контакте с сжиженным газом)
Метан	–	ЦНС, ССС, ОД	ЦНС, ССС, ОД
Бензол (циклогексатриен; фенилгидрид)	Системы развития, кровь, красный костный мозг (ККМ), ЦНС, иммунная система, ССС, репродуктивная система	ЦНС, ПНС, ЖКТ, репродуктивная система, кровь, ККМ	ЦНС, ПНС, ОД, ЖКТ, печень, почки, кровь
Диметилбензол (смесь о-, м-, п-изомеров) (метилтолуол)	ЦНС, ОД, почки, печень	ЦНС, ССС, ЖКТ, ОД, кровь, глаза, почки, репродуктивная система, кожа	ЦНС, ПНС, ССС, кровь, кроветворные органы, печень, почки, ЖКТ, надпочечники
Метилбензол (фенилметан)	ЦНС, системы развития, ОД	ЦНС, ЖКТ, кровь	ЦНС, ОД, печень, почки, селезенка, кровь
Этилбензол (фенилэтан)	Системы развития, печень, почки, гормон.	ЦНС, печень, ОД,	ЦНС, ПНС, ОД, ЖКТ, печень, почки, кровь
Гидроксибензол (фенол) (оксибензол; фенилгидроксид; фениловый спирт; моногидроксибензол)	ССС, почки, ЦНС, печень, ОД	ОД, ЖКТ, кожа, ССС, глаза, ЦНС	ЦНС, ПНС, ССС, ОД, эндокринная система, ЖКТ, печень, почки, поджелудочная железа, селезенка

Окончание табл. 2

Наименование вещества	Критические органы и системы		
	Руководство по оценке риска	Справочник	Федеральный регистр
Формальдегид (муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	ОД, глаза, иммунная система (сенсибилизация)	ЦНС, кожа, глаза, ОД	ЦНС, ОД, ЖКТ, печень, почки, селезенка, надпочечники, глаза, кожа
Керосин (керосин прямой перегонки; керосин дезодорированный)	Печень	ЦНС, ЖКТ, кожа, глаза, кровь, ОД	ЦНС, ПНС, ОД, ССС, ЖКТ, печень, почки, селезенка, кровь
Пыль неорганическая: SiO_2 20–70 %	ОД, иммунная система (сенсибилизация)	ОД, ЖКТ, ССС	ЦНС, ОД, ЖКТ, ССС, печень, лимфатическая система

На основе полученных долгопериодных средних концентраций проведен расчет коэффициентов опасности с последующей суммацией по критическим органам и системам. Также для сравнения проведена суммация всех коэффициентов опасности.

В табл. 3 представлены суммарные коэффициенты опасности, полученные при использовании различных источников информации. Каждому критическому органу и системе присвоен ранг в зависимости от величины значения.

Значения суммарных коэффициентов опасности при комбинированном воздействии приоритетных загрязнителей регистрируют приемлемый уровень риска на территории жилой зоны при воздействии на критические органы и системы (допустимый уровень – менее 1,0).

Таблица 3

Суммарные коэффициенты опасности в зависимости от источника информации

Руководство			Справочник			Федеральный регистр		
Критический орган	*HQ*	Ранг	Критический орган	*HQ*	Ранг	Критический орган	*HQ*	Ранг
ОД	0,14556	1	ОД	0,14985	1	Печень	0,15534	1
Иммунная система	0,06768	2	Кожа	0,10971	2	ЦНС	0,15043	2
Глаза	0,06471	3	ЦНС	0,10383	3	ОД	0,14832	3
Печень	0,01857	4	Кровь	0,08748	4	Почки	0,14536	4
Кровь	0,01525	5	Глаза	0,08309	5	ЖКТ	0,13976	5
ЦНС	0,00959	6	ЖКТ	0,04832	6	Селезенка	0,11166	6
Почки	0,00920	7	ССС	0,02949	7	Надпочечники	0,10032	7
Дополнительная смертность	0,00906	8	Иммунная система	0,01078	8	Кожа	0,08474	8
Системное воздействие	0,00705	9	Гормональная система	0,00925	9	Глаза	0,08474	9
Зубы	0,00705	10	Репродуктивная система	0,00901	10	Кровь	0,06123	10

Окончание табл. 3

Руководство			Справочник			Федеральный регистр		
Критический орган	*HQ*	Ранг	Критический орган	*HQ*	Ранг	Критический орган	*HQ*	Ранг
Развитие	0,00080	11	ПНС	0,00727	11	ССС	0,05497	11
ССС	0,00025	12	Печень	0,00019	12	ПНС	0,02938	12
Гормональная система	0,00019	13	ККМ	0,00004	13	Углеводный обмен	0,01078	13
Репродуктивная система	0,00004	14	–	–	–	КЩР	0,01078	14
ККМ	0,00004	15	–	–	–	Кроветворные органы	0,00898	15
–	–	–	–	–	–	Лимфатическая система	0,00293	16
–	–	–	–	–	–	Иммунная система	0,00019	17
–	–	–	–	–	–	Щитовидная железа	0,00019	18
–	–	–	–	–	–	Поджелудочная железа	0,00003	19
–	–	–	–	–	–	Эндокринная система	0,00003	20
Хронический неканцерогенный риск при суммации всех коэффициентов опасности – 0,157								

Важные методологические вопросы, связанные с анализом риска (в частности, доступность информации об изменяющихся нормативах, их легитимности применения в практике Роспотребнадзора [5, 7], проблема анализа неопределенностей [3, 6]), постоянно находятся в центре внимания специалистов. В Российской Федерации и в государствах Евразийского экономического союза до 2021 г. отсутствовали перечни химических веществ, обладающих репротоксическим и мутагенным действием, существовала необходимость актуализировать перечень веществ, обладающих канцерогенными свойствами [9].

Несмотря на то что руководство по оценке риска содержит достаточно обширный объем данных о наиболее поражаемых органах и системах, оно является статичным документом и содержит только обобщенную информацию. В современном мире ведутся регулярно пополняющиеся, находящиеся в свободном доступе легитимные онлайновые базы. Одной из таких баз является Федеральный регистр потенциально опасных химических и биологических веществ (далее – Регистр). Регистр содержит общую информацию о веществах, область применения, клиническую картину острого отравления, наиболее поражаемые органы и системы, сведения о канцерогенном действии и другую информацию. Специалистами, обеспечивающими работу Регистра, проделана значимая работа по реализации программы «Согласованная на глобальном уровне система классификации и маркировки химических веществ и смесей». В настоящее время завершена работа по созданию перечней химических веществ, обладающих репротоксическим, мутагенным и канцерогенным действием, на основании единого международного гармонизированного подхода к оценке, классификации опасности и маркировки этих высокоопасных

веществ. Данные перечни в целях реализации Технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности химической продукции» (ТР ЕАЭС 041/2017) вошли в приложение № 7 Порядка формирования и ведения реестра химических веществ и смесей Евразийского экономического союза, а также были положены в основу кодирования отходов производства и потребления по данным эффектам [9].

Справочник «Вредные вещества в промышленности», ставший классикой токсикологии, располагает информацией об условиях и путях поступления в организм вредных веществ, их всасывании, распределении, превращении и выделении, а также о действии на кожные покровы.

Сбор и обобщение информации является ответственностью специалиста, выполняющего оценку риска. Для того чтобы сформировать перечень критических органов и систем, необходимо учитывать всю доступную информацию о загрязняющих веществах. Вместе с тем это несомненный источник неопределенностей, которые надо учитывать при характеристике риска.

Выводы. В результате проведенных расчетов наибольшие показатели суммарных неканцерогенных рисков для критических органов и систем были получены при использовании в качестве источника информации – федерального регистра потенциально опасных химических и биологических веществ. Следует отметить, что согласно данным федерального Регистра наиболее поражаемым критическим органом при аэрогенном поступлении загрязнителей в организм является печень; на втором месте – ЦНС; только на третьем – органы дыхания. При этом значения неканцерогенного риска для ОД хорошо согласуются с таковыми при использовании как руководства, так и справочника. Так, согласно данным справочника, наиболее поражаемыми критическими органами и системами являются ОД; затем кожа и ЦНС. При использовании руководства по оценке риска были получены наименьшие значения суммарных неканцерогенных рисков для критических органов и систем. Среди наиболее поражаемых органов и систем на первом месте ОД, затем иммунная система и глаза. В руководстве отсутствует информация по некоторым загрязняющим веществам.

Согласно письму Роспотребнадзора[5] на данный момент ведутся работы по актуализации руководства по оценке риска. Целесообразно изучить проблему выбора источника информации при учете групп суммации и расчета рисков при действии на критические органы и системы в процессе актуализации руководства.

Можно сделать вывод, что специалисту, выполняющему оценку риска здоровью населения, следует анализировать несколько источников информации для сбора и обобщения информации о действии химических веществ на здоровье человека.

[5] Письмо №02/26481-2021-32. Об использовании в работе среднегодовых предельно допустимых концентраций [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru /document/cons_doc_LAW_404304/ (дата обращения: 13.02.2022).

Список литературы

1. Оценка комбинированного воздействия вредных веществ на состояние здоровья работников нефтехимических и химических производств / Г.Г. Бадамшина, Л.К. Каримова, Т.А. Ткачева [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2013. – № 4. – С. 5–10.

2. Икрамова З.А., Абидова Ф.А. Механизм действия опасных химических веществ на организм человека и окружающую среду // Новый день в медицине. – 2020. – № 2 (30). – С. 93–96.

3. Совершенствование подходов к оценке воздействия антропогенного загрязнения атмосферного воздуха на население в целях управления рисками для здоровья / А.О. Карелин, А.Ю. Ломтев, М.В. Волкодаева [и др.] // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 1. – С. 82–86.

4. Мамырбаев А.А. Актуальные проблемы химической безопасности урбанизированных территорий в современных условиях // Медицинский журнал западного Казахстана. – 2015. – № 1 (45). – С. 36–40.

5. TERA – Российская информационно-прогнозирующая система, опыт применения в оценке риска для здоровья / С.М. Новиков, М.В. Фокин, Т.А. Шашина [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 11. – С. 1088–1090. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1088-1090

6. Идентификация опасности при оценке и управлении риском для здоровья населения в процессе обосновании размера санитарно-защитной зоны промышленного предприятия / И.И. Оранская, А.А. Шевчик, С.В. Ярушин [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 12. – С. 1204–1207. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1204-1207

7. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья / А.Ю. Попова, В.Б. Гурвич, С.В. Кузьмин [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 12. – С. 1125–1129. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129

8. Соколов С.М., Ганькин А.Н., Пшегрода А.Е. Методические подходы к оценке характера комбинированного действия загрязнения атмосферного воздуха // Медицина труда и экология человека. – 2017. – № 1 (9). – С. 9–13.

9. Хамидулина Х.Х., Рабикова Д.Н. Разработка национального перечня канцерогенов, мутагенов и репротоксикантов и его внедрение в регулирование обращения химических веществ на территории Российской Федерации и государств Евразийского экономического союза // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 9. – С. 897–902.

10. Шевчук Л.М., Дзержинская Н.А. Особенности формирования динамических процессов состояния здоровья населения в условиях многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха // Профилактическая и клиническая медицина. – 2017. – № 1 (62). – С. 25–28.

Научно-методические аспекты оценки и управления рисками для здоровья населения в зоне влияния железнодорожного транспорта

Ю.Н. Каськов[1], В.А. Логинова[1], Ю.Л. Смертина[2], О.А. Плетникова[2], Е.В. Белова[3], А.А. Климова[3]

[1]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по железнодорожному транспорту,
[2]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по железнодорожному транспорту»,
[3]ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава РФ,
г. Москва, Россия

В целях реализации «Концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года» предложены: модули ведения социально-гигиенического мониторинга и управления рисками в органах Роспотребнадзора на железнодорожном транспорте; этапность ведения социально-гигиенического мониторинга на железнодорожном транспорте и объектах транспортной инфраструктуры; уровни системы социально-гигиенического мониторинга на железнодорожном транспорте с учетом вертикально-ориентированного управления.

Ключевые слова: оценка риска, железнодорожный транспорт, социально-гигиенический мониторинг.

Одной из наиболее важных задач, определенных Концепцией развития социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 г., является обеспечение эффективности и результативности деятельности органов и учреждений Роспотребнадзора[1].

Это предусматривает целенаправленность и адресность контрольно-надзорных мероприятий на основе использования результатов социально-гигиенического мониторинга и сопряжения с риск-ориентированной и профилактической моделью надзорной деятельности [3, 5].

В «Концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года»[2] также определено, что уровни функционирования системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации представляют собой иерархическую структуру и включают в том числе субъекты хозяйствования, осуществляющие деятельность на территории Россий-

[1] О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации»: Указ Президента Российской Федерации от 02.07.2021 № 400 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/ (дата обращения: 19.02.2022).

[2] Концепция развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года / утв. приказом Роспотребнадзора от 26.08.2019 № 665. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2019. – 26 с.

ской Федерации. К таким субъектам хозяйствования относится и Открытое акционерное общество «Российские железные дороги», которое осуществляет деятельность на всей территории страны [1, 2, 4, 6].

Целью исследования является разработка организационной схемы управления рисками для здоровья населения на основе координирования (сопряжения) риск-ориентированной контрольной деятельности и ее лабораторно-инструментального обеспечения, а также совершенствования ведения социально-гигиенического мониторинга на объектах железнодорожного транспорта.

Задачи исследования:

– обоснование модульности совершенствования ведения социально-гигиенического мониторинга на объектах железнодорожного транспорта и транспортной инфраструктуры;

– разработка иерархичности функционирования уровней системы социально-гигиенического мониторинга с учетом вертикально-ориентированного управления на объектах железнодорожного транспорта и транспортной инфраструктуры;

– аргументация этапности ведения социально-гигиенического мониторинга на основе данных риск-ориентированного контроля и его лабораторно-инструментального обеспечения, а также результатов ведения социально-гигиенического мониторинга.

Управление Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту осуществляет свою деятельность через 15 территориальных отделов. Лабораторно-инструментальное обеспечение контрольно-надзорной деятельности и ведение социально-гигиенического мониторинга возложено на центры гигиены и эпидемиологии в субъектах Российской Федерации.

Реализация риск-ориентированной контрольно-надзорной деятельности, определение категорий объектов по группам риска, повлекшее за собой установление кратности, проведение проверок определяют и новые подходы к использованию данных социально-гигиенического мониторинга в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и управления рисками здоровью населения.

С целью развития системы социально-гигиенического мониторинга на основе создания отдельных взаимосвязанных частей системы разработаны модули управления рисками в органах и организациях Роспотребнадзора на железнодорожном транспорте.

Предлагаемые модули учитывают специфику осуществления санитарно-эпидемиологического надзора на объектах железнодорожного транспорта и транспортной инфраструктуры, а также организационного построения органов и учреждений Роспотребнадзора на железнодорожном транспорте (рис. 1).

Другим важным разделом управления рисками является разработка этапности ведения социально-гигиенического мониторинга на основе данных риск-ориентированного контроля и его лабораторно-инструментального обеспечения.

Спецификой осуществления контрольно-надзорных мероприятий и их лабораторно-инструментального обеспечения на объектах железнодорожного транспорта является не только экстерриториальный принцип, но и показатели заболеваемости.

Согласно статистическим данным Центральной дирекции здравоохранения ОАО «РЖД», заболеваемость оценивается по «показателям состояния здоровья работников ОАО «РЖД», неработающих пенсионеров ОАО «РЖД» и прикрепленного территориального населения.

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ

ОБЪЕКТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ		КОНТРОЛЬНО-НАДЗОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ЕЕ ЛАБОРАТОРНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Специфика санитарно-эпидемиологического контроля (надзора) на объектах железнодорожного транспорта и транспортной инфраструктуры

Экстерриториальное осуществление контроля 15 территориальными отделами	Лабораторно-инструментальное обеспечение контроля центрами гигиены и эпидемиологии в субъектах РФ	Ведение социально-гигиенического мониторинга центрами гигиены и эпидемиологии в субъектах РФ

ВЫЯВЛЕНИЕ РИСКОВ, ИХ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ РОСПОТРЕБНАДЗОРА ПО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМУ ТРАНСПОРТУ

РЕАЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ РИСКАМИ НА УРОВНЕ СУБЪЕКТА ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ – ОАО «РЖД»

Рис. 1. Модули ведения социально-гигиенического мониторинга и управления рисками в органах и организациях Роспотребнадзора на железнодорожном транспорте

Таким образом, спецификой осуществления федерального государственного санитарно-эпидемиологического контроля, его лабораторно-инструментального обеспечения и ведения социально-гигиенического мониторинга, включающего оценку состояния здоровья населения, являются:

– экстерриториальный принцип осуществления контроля 15 территориальными отделами Управления Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту;

– лабораторно-инструментальное обеспечение контроля на объектах железнодорожного транспорта осуществляется центрами гигиены и эпидемиологии в субъектах Российской Федерации;

– осуществление социально-гигиенического мониторинга на объектах железнодорожного транспорта осуществляется центрами гигиены и эпидемиологии в субъектах Российской Федерации;

– оценка состояния здоровья осуществляется по показателям заболеваемости работников ОАО «РЖД», неработающих пенсионеров ОАО «РЖД» и прикрепленного территориального населения.

В связи с указанными особенностями предлагается этапность ведения социально-гигиенического мониторинга на железнодорожном транспорте и объектах транспортной инфраструктуры:

1. Этап «Оценка состояния здоровья».

1.1. Оценка показателей заболеваемости работников ОАО «РЖД», неработающих пенсионеров ОАО «РЖД» и прикрепленного территориального населения.

1.2. Оценка заболеваемости с временной утратой трудоспособности работников ОАО «РЖД».

2. Этап «Оценка уровня загрязнения объектов окружающей среды в зоне влияния железнодорожного транспорта и на объектах транспортной инфраструктуры».

2.1. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха, воды и почвы, физических факторов.

2.2. Оценка показателей загрязнения воздуха рабочей зоны, уровня физических факторов на рабочих местах.

3. Этап «Анализ контрольно-надзорной деятельности и ее лабораторно-инструментального обеспечения».

3.1. Анализ выявленных нарушений требований статей федерального закона от 30.03.1999 № 52-ФЗ при осуществлении контроля (надзора).

3.2. Анализ обеспеченности лабораторно-инструментальными исследованиями мероприятий по контролю (надзору).

4. Этап «Оценка ведения социально-гигиенического мониторинга».

4.1. Установление приоритетных классов заболеваний населения, ассоциированных с загрязнением объектов окружающей среды.

4.2. Определение приоритетных классов заболеваний с временной утратой трудоспособности работников ОАО «РЖД», возможно связанных с условиями труда.

4.3. Выявление связей между уровнем заболеваемости населения и показателями загрязнения среды обитания.

4.4. Выявление связей между уровнем заболеваемости с временной утратой трудоспособности работников и соответствием рабочих мест установленным санитарным требованиям.

5. Этап «Установление риска и управление риском».

5.1. Определение приоритетных факторов риска воздействия среды обитания и условий труда на здоровье населения и работников.

5.2. Разработка мер по минимизации или устранению факторов риска.

5.3. Обеспечение в полном объеме и кратности проведения лабораторно-инструментальных исследований при осуществлении контроля (надзора) на объектах с видами деятельности, определяющих максимальный риск.

5.4. При ведении социально-гигиенического мониторинга обеспечение в полном объеме, кратности и видах лабораторно-инструментальных исследований на объектах со средним и малым уровнем риска.

5.5. Разработка программ по минимизации риска, их утверждение на уровне субъекта хозяйствования – ОАО «РЖД» и контроль за реализацией этих программ.

Другим важным разделом совершенствования ведения социально-гигиенического мониторинга является определение иерархичности – функционирования уровней системы с учетом вертикально-ориентированного управления (рисунок). Необходимо создание и функционирование многоуровневой системы управления рисками для здоровья населения.

Из данных рис. 2 видим, что Управление Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту (первый уровень) устанавливает государственное задание на проведение лабораторно-инструментальных исследований в целях обеспечения контроля (надзора), а также на проведение исследований (обследований) в целях ведения социально-гигиенического мониторинга.

Центры гигиены и эпидемиологии в субъектах Российской Федерации (2-й уровень) проводят лабораторно-инструментальные исследования (обследования) как в целях обеспечения контроля (надзора), так и в целях ведения социально-гигиенического мониторинга.

На основании полученной информации Управление Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту разрабатывает мероприятия по выявлению и оценке рисков здоровью населения, основанные на данных результатов ведения социаль-

но-гигиенического мониторинга и лабораторно-инструментального обеспечения контрольно-надзорной деятельности.

Рис. 2. Схема иерархичности – функционирования уровней системы социально-гигиенического мониторинга на железнодорожном транспорте с учетом вертикально-ориентированного управления

Разработанные мероприятия по управлению выявленными рисками, направляются субъекту хозяйствования – ОАО «РЖД». Субъект хозяйствования разрабатывает и утверждает программу мероприятий по минимизации рисков, финансирует мероприятия и контролирует их исполнение.

Таким образом, установлена специфика деятельности органов и организаций Роспотребнадзора на железнодорожном транспорте: экстерриториальный принцип осуществления контроля 15 территориальными отделами Управления Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту; лабораторно-инструментальное обеспечение контроля (надзора) на объектах железнодорожного транспорта и ведение социально-гигиенического мониторинга осуществляется центрами гигиены и эпидемиологии в субъектах Российской Федерации; оценка состояния здоровья проводится по показателям заболеваемости работников ОАО «РЖД», неработающих пенсионеров ОАО «РЖД» и прикрепленного территориального населения.

В целях реализации «Концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года» предложены:

– модули ведения социально-гигиенического мониторинга и управления рисками в органах и организациях Роспотребнадзора на железнодорожном транспорте;

– этапность ведения социально-гигиенического мониторинга на железнодорожном транспорте и объектах транспортной инфраструктуры;

– иерархичность – функционирование уровней системы социально-гигиенического мониторинга на железнодорожном транспорте с учетом вертикально-ориентированного управления.

Список литературы

1. Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Малых О.Л., Ярушин С.В. Социально-гигиенический мониторинг – интегрированная система оценки и управления риском для здоровья населения на региональном уровне // Санитарный врач. – 2014. – № 1. – С. 29–31.

2. Мельцер А.В., Ерастова Н.В., Чащин М.В. К вопросу выбора приоритетных показателей, контролируемых в рамках проведения социально-гигиенического мониторинга // Российская гигиена – развивая традиции, устремляемся в будущее: материалы XII Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей. – М., 2017. – С. 94–96.

3. Онищенко Г.Г. Итоги и перспективы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации // Гигиена и санитария. – 2012. – Т. 91, № 4. – С. 4–12.

4. Оценка риска здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха промышленных предприятий Липецкой области / С.И. Савельев, Н.В. Нахичеванская, Г.А. Юрьев, М.Ф. Полякова // Экология Центрально-Черноземной области Российской Федерации. – 2017. – № 1–2 (30–31). – С. 201–203.

5. Попова А.Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиции сохранения здоровья нации // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2014. – № 2 (251). – С. 4–7.

6. Социально-гигиенический мониторинг на современном этапе: состояние и перспективы развития в сопряжении с риск-ориентированным надзором / Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2016. – № 4. – С. 4–14. DOI: 10.21668/health.risk/2016.4.01

Проблемы анализа, прогнозирования и ранжирования химических рисков для здоровья (обзор научной литературы)

С.В. Клейн, С.А. Вековшинина, Н.В. Никифорова, А.А. Хасанова, К.В. Четверкина

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

Представлены результаты обзора отечественного и зарубежного опыта (данных научной литературы) по проблемам анализа, прогнозирования и ранжирования химических рисков для здоровья и результаты системного анализа существующих в мировой практике методов решения изучаемых проблем. Выявленные проблемы являются поводом для дискуссии и поиска решения для их устранения.

Ключевые слова: химический риск для здоровья, анализ, прогнозирование, ранжирование.

Химические вещества являются неотъемлемым компонентом повседневной жизни, обеспечивают значительный вклад в функционирование и развитие экономики.

По данным на 17 сентября 2021 г. база данных CAS Registry®[1] содержит сведения о более чем 188 млн органических и неорганических веществ, включая сплавы, минералы, смеси, полимеры и соли, а также ~ 70 млн последовательностей белков и нуклеиновых кислот. В базу данных химических соединений и смесей PubChem[2] включены сведения о 110 640 046 химических веществ и 273 660 404 химических соединений.

Некоторые химические вещества способны формировать риски для здоровья человека и окружающей среды. Химические риски для здоровья человека создают как новые химические вещества, которые ежегодно синтезируются в мире и поступают в обращение, так и химические вещества, накопленные в окружающей среде. Попадая в среду обитания, химические вещества и смеси претерпевают естественные процессы преобразования и переноса. Под воздействием разнообразных факторов химические вещества и продукты их преобразования распределяются в различных составляющих окружающей среды (воздух, вода, почва, растения и пр.), включая организм человека и пр.

Согласно Указу Президента РФ «Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу» [8] необходимо создание такого состояния защищенности населения и окружающей среды от негативного воздействия опасных химических факторов, при котором формируются допустимые уровни химического риска. Химическую угрозу представляют собой химические факторы, формирующие недопустимые уровни риска, способные привести к возникновению массовых отравлений, ухудшению ситуации в области химической безопасности, перерастанию ее в чрезвычайную ситуацию химического характера.

Согласно последним имеющимся данным [7], в Российской Федерации функционирует свыше десяти тысяч потенциально опасных химических объектов, относящихся к различным отраслям промышленности и сельского хозяйства, при этом 70 % из них расположены в 146 городах с населением более 100 тыс. человек. На территории Российской Федерации в атмосферный воздух ежегодно продолжает поступать около 20 млн т химических веществ, а накопленные токсичные отходы составили более 84 млн т.

По данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году» [5] суммарный объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в 2019 г. составил 17295,1 тыс. т, от передвижных – 5440 тыс. т. За 2019 г. в поверхностные водные объекты РФ сброшено 12 602,34 млн м^3 загрязненных сточных вод. Масса отходов на хранении в 2019 г. достигла 2621,9 млн т, что на 3,0 %, выше уровня 2018 г. Общая масса

[1] CAS Registry® – база данных химических веществ, которую ведет Химическая реферативная служба (англ. Chemical Abstracts Service), являющаяся подразделением Американского химического общества (https://www.cas.org/cas-data/cas-registry).

[2] PubChem – база данных химических соединений и смесей. Обслуживается Национальным центром биотехнологической информации США (NCBI), подразделением Национальной медицинской библиотеки США, которая в свою очередь является подразделением Национальных Институтов здоровья США (NIH) (https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/).

отходов, захороненных в 2019 г., составила 1178,9 млн т. За период 2010–2019 гг. произошло двукратное увеличение данного показателя с 593 млн т до 1178,9 млн т.

В почве населенных мест фиксируются превышения предельно допустимых концентраций приоритетных тяжелых металлов: кадмий, марганец, медь, мышьяк, ртуть, свинец, цинк. Серьезной проблемой продолжает оставаться хранение и утилизация пестицидов и агрохимикатов, накопленных за предыдущие годы, пришедших в негодность, просроченных и запрещенных к использованию [10].

По данным ежегодника ФГБУ «ГГО» [21] в 2019 г. в 40 городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха проживало 10,6 млн человек, что составляет 10 % городского населения России. В 133 городах РФ (53 % городов, где проводятся наблюдения) средние за год концентрации какого-либо вещества превышали 1 ПДК. В этих городах проживает 50,6 млн человек. Средние за год концентрации взвешенных веществ превышали 1 ПДК в 53 городах, бенз(а)пирена – в 47 городах, формальдегида – в 45 городах, диоксида азота – в 44 городах. Максимальные концентрации загрязняющих веществ превышали 10 ПДК в 35 городах, в которых проживает 10,7 млн человек.

Интенсивное химическое воздействие на окружающую среду оказывает большое влияние на показатели состояния здоровья населения [9, 10].

По данным государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году» [6] загрязнением атмосферного воздуха селитебных территорий диоксидом азота, оксидом азота, аммиаком, взвешенными веществами, гидроксибензолом и его производными, ароматическими углеводородами, ксилолом, формальдегидом, фтором и его соединениями вероятностно обусловлено 5,1 дополнительных случаев смерти от всех причин на 100 тыс. населения. Число дополнительных случаев заболеваний от всех причин, вероятностно обусловленных загрязнением атмосферного воздуха селитебных территорий, в целом по Российской Федерации составило в 2020 г. 1032,0 случая на 100 тыс. всего населения.

Присутствие в питьевой воде системы централизованного питьевого водоснабжения различных химических веществ (мышьяка, никеля, меди, марганца, железа, аммиака, хлора, хлороформа и хлорорганических соединений, бора, стронция, фтора, брома и других соединений) вероятностно способствовало формированию 9,24 дополнительных случаев смерти и 938,07 дополнительных случаев заболеваний на 100 тыс. всего населения [6].

Опасность большого количества химических веществ и соединений, воздействию которых подвергается человек в своей повседневной жизни, не оценена. Надежная информация, указывающая на токсическое или иное вредное воздействие многих химических примесей на людей, отсутствует. В связи с этим важнейшее значение приобретает расширение деятельности по оценке токсической опасности, определению приоритетных путей поступления в организм и критериев риска воздействия химических веществ [9, 10].

Для минимизации химических рисков, рационального управления и предотвращения рисков для здоровья человека и окружающей среды, обеспечения химической безопасности населения необходимо их детальное изучение. Надежная информация о химических рисках необходима для принятия обоснованных решений, способствующих сведению к минимуму негативных последствий использования химических веществ для здоровья человека и окружающей среды.

Актуальность проблемы определила основную **цель исследования** – подготовка обзора научной литературы, посвященной проблемам анализа, прогнозирования и ранжирования химических рисков для здоровья.

Материалы и методы. Для проведения критического анализа и обобщения существующего отечественного и международного опыта выполнен анализ 97 отечественных и 25 зарубежных научных публикаций, посвященных проблемам анализа, прогнозирования и ранжирования химических рисков для здоровья. Основным в работе являлся комплекс общенаучных методов исследования – анализа, синтеза, системного и функционального подхода, а также сравнительный, структурно-функциональный и другие методы исследования.

Результаты. Системный анализ научной литературы по проблемам анализа, прогнозирования и ранжирования рисков для здоровья показал, что в настоящее время концепция оценки химического риска [16], принятая практически во всех странах мира и международных организациях[3] [27, 28, 30], рассматривается отечественными учеными в качестве приоритетного механизма разработки и принятия управленческих решений. Применение методологии оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду, ведется на государственном и региональном уровнях, а также на уровне отдельных источников химического загрязнения окружающей среды.

Согласно данным современных исследований ведущее место в структуре приоритетных факторов риска для здоровья населения принадлежит загрязнению атмосферного воздуха [14, 15, 17, 20, 23]. Далее по значимости – неудовлетворительное качество питьевой воды, почвы [3, 11, 13, 25].

Целесообразным является учет не только изолированного влияния химически загрязненных объектов окружающей среды, но и их совокупное воздействие, так как изучаемые объекты окружающей среды находятся в тесном взаимодействии друг с другом.

Основным источником химического загрязнения окружающей среды являются производственные объекты, на которых происходит обращение химической продукции и различных химических веществ. Учитывая разнообразие химически опасных объектов, при проведении оценки риска здоровью могут возникать проблемы анализа, прогнозирования и ранжирования рисков, обусловленные особенностями функционирования данных объектов.

Одним из ярких примеров типичного объекта химической опасности являются полигоны по утилизации отходов. Полигоны ТБО представляют собой крайне нестабильную неконтролируемую смесь бумаги, картона, пищевых остатков, пластмассы, резины, стекла, строительного мусора, металлов, батареек и т.д. Помимо загрязнения атмосферного воздуха, отмечается поверхностное загрязнение грунтов и подземных вод.

К проблемам оценки риска, связанным с полигонами по утилизации твердых коммунальных отходов, можно отнести: отсутствие данных о фоновых среднегодовых концентрациях в месте проведения исследований; неточности по объему отходов, размещенных на полигоне (сведения по количеству отходов обычно предос-

[3] National Environment Protection Council. Report of the Risk assessment Taskforce. Adelaide, 1999; U.S. EPA. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual Supplemental Guidance Dermal Risk Assessment, Interim Guidance. NCEA-W-0364. Office of Emergency and Remedial Response. – Washington, 1991.

тавляются владельцем полигона, что по факту не всегда соответствует действительности); неточности по объему и по компонентному составу отходов в теле полигона (компонентный состав отходов в теле полигона может существенно меняться с течением времени в зависимости от различных факторов) и пр. [12, 24].

К проблемам оценки химических рисков можно отнести использование недостаточных и недостоверных исходных данных о состоянии качества объектов окружающей среды; применение различающихся методик моделирования рассеивания химических веществ в атмосфере для оценки риска. Дополнительно к вышеописанным проблемам можно отнести также возникновение чрезвычайных ситуаций, что описано в работах Y.-K. Hsieh [29], О.А. Шаровой [26], Т.А. Алешиной [1], Н.Н. Чура [25], Е.В. Москвичевой [4], Ю.В. Рябова [18]. Все эти моменты могут и оказывают влияние на процедуру и результаты оценки риска здоровью [21].

Условно проблемы оценки химического риска можно разделить на три категории:

1. Проблемы анализа химических рисков.
2. Проблемы прогнозирования химических рисков.
3. Проблемы ранжирования химических рисков.

Так, для *анализа* риска на сегодняшний день наиболее признанной и распространенной считается классическая концепция оценки риска здоровью при воздействии химических факторов, разработанная US EPA, которая нашла отражение в российском документе «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.10.1920-04). В то же время действие данного документа не ограничивает использование других инновационных методов (применение коэффициентов эквивалентной токсичности, относительной эффективности, индикаторных химических веществ, бинарного подхода, матрицы двух переменных рисков и т.д.).

Классическая методология имеет ряд преимуществ и позволяет выделить наиболее приоритетные для формирования риска химические факторы, рассчитать количественный уровень риска, оценить вклад отдельных факторов риска и пр. При этом учитывается не только эффект (канцерогенный/неканцерогенный) и путь поступления (ингаляционный, пероральный, перкутанный), длительность воздействия (острое/хроническое), но и комбинированное, сочетанное и однонаправленное действие химических веществ. В то же время существует проблема оценки риска, связанная с разными подходами к периоду осреднения исходных данных.

Обширный опыт применения классической методологии оценки и *анализа* риска позволил выделить ряд проблем. К их числу можно отнести:

а) наличие химических веществ, для которых руководством [16] установлены референтные показатели, но отсутствуют критические органы/системы (гептан, дибромметан, дибромхлорметан, железа оксид при хронической ингаляционной экспозиции, бром, малеиновый ангидрид, этилендиамид при острой ингаляционной экспозиции, азота диоксид, азота оксид, аммиак, при пероральном поступлении и др.);

б) отсутствие максимально допустимого количества веществ, используемых для расчета рисков, что может привести к переоценке риска [19];

в) проведение оценки риска с использованием величин гигиенических нормативов (ПДК и ОБУВ) вместо референтных показателей, что неминуемо приводит к «ошибочным» результатам [12];

г) оценка риска без учета фонового загрязнения [12] объектов окружающей среды, результаты которой априори занижают реальные риски для здоровья населения;

д) расчет среднегодовых концентраций с применением методов математического моделирования без учета фактически регистрируемых на постах мониторинга концентраций химических веществ в атмосферном воздухе.

Перечисленные выше проблемы оценки и анализа риска могут приводить к существенному искажению итоговых результатов оценки риска. Необходима оценка совокупной опасности для здоровья, исходя из множественности факторов воздействия, возможного их взаимодействия, а также последствий воздействия низких концентраций опасных веществ[4] [31, 32].

Одной из проблем *прогнозирования* при проведении оценки риска здоровью является применение компьютерных программ, осуществляющих моделирование рассеивания выбросов в атмосферу на основании математических зависимостей, изложенных в соответствующей методике расчета. Полученные в результате моделирования среднегодовые концентрации приоритетных веществ, выбрасываемых источниками загрязнения атмосферы, функционирующими в штатном режиме, как правило, значительно ниже реального наблюдаемого уровня загрязнения [12].

Главную трудность для математического моделирования рисков химических аварий в природно-техногенной среде составляет неопределенность пространственно-временных объемно-мощностных параметров процессов заражения местности [22].

В исследовании А.В. Иванова с соавт. [2], выделены следующие проблемы, снижающие достоверность прогноза последствий аварий: отсутствие или неполнота информации, необходимой для корректного определения экспозиции; неопределенность параметров для расчета степени тяжести поражения; пробелы в научной теории, необходимой для прогнозирования на основе причинных связей (неопределенности модели); отсутствие данных о выраженности вредных эффектов у человека при воздействии концентраций, значительно превышающих предельно допустимые. Наиболее сложным моментом при прогнозировании числа пострадавших является вариабельность экспозиции (уровня воздействия).

Таким образом, к наиболее распространенным проблемам *прогнозирования* химических рисков для здоровья можно отнести:

а) отсутствие возможности получения корректной и полной информации по распространению/рассеиванию химических веществ в пространстве с учетом рельефа местности, погодно-климатических условий, внештатных ситуаций работы химически-опасных объектов (используемые компьютерные программы и реализованные в них методические подходы по моделированию рассеивания химических веществ не в полной мере учитывают все влияющие факторы, и в результате наблюдаются существенные различия по уровням экспозиции по расчетным и натурным данным);

б) отсутствие или неполнота информации, необходимой для корректного определения последствий здоровью в результате воздействия химических факторов;

в) наличие пробелов в научной теории предсказания действия и влияния химического вещества на организм;

г) вариабельность экспозиции (пространственная, временная, межиндивидуальная и т.д.);

[4] OECD Conceptual Framework for the Testing and Assessment of Endocrine Disrupting Chemicals. – OECD, 2002.

д) прогнозирование химических рисков при возникновении чрезвычайных (аварийных) ситуаций.

В связи с изложенным выше, актуальной является разработка подходов к динамическому анализу риска для здоровья в зонах влияния опасных химических объектов, подтверждению экспериментальных данных, используемых для прогнозирования риска, результатами эпидемиологических наблюдений.

Методы *ранжирования* являются неотделимым инструментом при проведении оценки риска здоровью, который постоянно совершенствуется. Из-за значимого разнообразия методов ранжирования (количественных, полуколичественных, качественных) возникают сложности сопоставимости полученных результатов и их коррелирования друг с другом. Например, метод «Термометр риска» осуществляет ранжирование рисков на основе значения, которое представлено как точечная оценка с 90%-ным доверительным интервалом, описывающим неопределенность, и классифицирует их на один из пяти классов, соответствующих различным уровням проблем со здоровьем населения. Другая методология, основанная на количественном подходе, учитывающем вес доказательств, объединяет три типа информации, обозначенных как «линии доказательств». Данная методология позволяет ранжировать химические вещества в различных пространственных масштабах (региональном, субрегиональном).

Один из основных методов ранжирования химических рисков изложен в Р.2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [16]. Им является ранжирование химических веществ по индексу сравнительной канцерогенной/неканцерогенной опасности. В основе проведения ранжирования по неканцерогенному действию веществ используются референтные уровни (дозы и концентрации).

Проблемой является отсутствие единых научно обоснованных и всемирно утвержденных референтных значений для химических веществ. Помимо того, что различные базы данных устанавливают отличные (иногда на несколько порядков) величины референтных показателей, дополнительно к этому происходит регулярный пересмотр референтных величин. Таким образом, при применении в оценке риска здоровью показателей, установленных в различных базах данных, можно получить сильно отличающиеся друг от друга результаты. Что в конечном итоге повлияет на конечный перечень химических веществ, который войдет в последующую оценку риска. Более того, организации, проводящие пересмотр референтных показателей, могут прийти к выводу, что доказанность референтной величины выглядит неубедительно и требуется провести дополнительные исследования и, соответственно, отказываются от установления какой-то величины на данный момент.

Таким образом, основными проблемами *ранжирования* химических рисков для здоровья являются:

а) невозможность сопоставления результатов ранжирования, полученных с использованием различных количественных, полуколичественных и качественных подходов;

б) отсутствие единых научно обоснованных референтных значений, используемых для ранжирования химических веществ по индексу сравнительной канцерогенной/неканцерогенной опасности.

Выводы. Проблема совершенствования методологии оценки и анализа риска для здоровья населения при комбинированном воздействии и многосредовом поступлении химических веществ остается актуальной. Необходимым является обоснование показателя (комплекса показателей) и выбора единой шкалы для ранжирования и классификации уровней химических рисков для здоровья в зонах влияния опасных химических объектов.

Список литературы

1. Алешина Т.А. Причины возгорание на свалках ТБО // Вестник МГСУ. – 2014. – С. 119–124.

2. Иванов А.В., Клепиков О.В., Костылева Л.Н. Сравнительный анализ методик прогноза последствий аварий на примере типовой автомобильной газовой заправочной станции // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 9–1. – С. 16–19.

3. Комплексная оценка состояния окружающей среды промышленного города / О.В. Клепиков, А.С. Самойлов, И.Б. Ушаков, В.И. Попов, С.А. Куролап // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 8. – С. 686–692.

4. Москвичева Е.В., Шишкин А.А. Метод предотвращения чрезвычайных ситуаций на полигонах твердых бытовых отходов // Технологии гражданской безопасности. – 2006. – Т. 3, № 3. – С. 116–125.

5. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. – М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2020. – 1000 с.

6. 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.

7. О федеральной целевой программе «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009–2014 годы)» (с изменениями на 28 февраля 2015 года): Постановление Правительства РФ от 27.10.2008 № 791 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902126396 (дата обращения: 18.03.2022).

8. Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу: Указ Президента РФ от 11.03.2019 № 97 [Электронный ресурс] // Президент России: официальный сайт. – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/44066 (дата обращения: 18.03.2022).

9. Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.

10. Онищенко Г.Г. Химическая безопасность – важнейшая составляющая санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Токсикологический вестник. – 2014. – № 1 (124). – С. 2–6.

11. Опыт практических исследований по сравнительной оценке радиационных и химических рисков здоровью населения от воздействия факторов окружающей среды / С.М. Новиков, Т.А. Шашина, Н.С. Додина, В.А. Кислицин, С.А. Сков-

ронская, А.В. Мацюк, С.В. Панченко, А.А. Аракелян // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 12. – С. 1425–1431.

12. Особенности процедуры оценки риска негативного воздействия объектов размещения отходов на окружающую среду и здоровье населения / В.В. Юшин, В.М. Попов, И.О. Кирильчук, А.Ю. Коровина // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2018. – Т. 8, № 3 (28). – С. 36–49.

13. 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.

14. Оценка опасности воздействия химических веществ на здоровье населения крупного промышленного города / Н.А. Мешков, Е.А. Вальцева, И.Б. Андрюшин [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – № 4. – С. 121–129.

15. Оценка риска здоровью населения от воздействия атмосферных загрязнений на отдельных территориях города Москвы / А.В. Иваненко, Е.В. Судакова, С.А. Скворцов, Е.В. Бестужева // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 3. – С. 206–211.

16. 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.

17. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И. Окружающая среда и здоровье: приоритеты профилактической медицины // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 5. – С. 5–10.

18. Рябов Ю.В. Разработка универсальной методики расчета экологического риска возникновения пожара на несанкционированных свалках. – СПб.: Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, 2011. – С. 3.

19. Сабирова З.Ф., Винокуров М.В. Актуальные проблемы оценки риска для здоровья населения при обосновании размера санитарно-защитной зоны предприятий // Здравоохранение РФ. – 2015. – № 5. – С. 18–22.

20. Современные аспекты комплексной оценки медико-экологической ситуации в мегаполисе (аналитический обзор) / М.Н. Омарова, Л.Ж. Оракбай, Л.Ю. Черепанова, Л.К. Глубоковских // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 12–5. – С. 830–837.

21. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2019 г. Ежегодник – СПб.: Росгидромет; ФГБУ «ГГО», 2020. – 250 с.

22. Стоянов В.В. Вероятностный подход к оценке риска возникновения аварий на химически опасных объектах // Строительство и техногенная безопасность. – 2014. – № 51. – С. 84–91.

23. Сучков В.В., Семаева Е.А. Оценка риска здоровью населения Самары и Новокуйбышевска от загрязнения атмосферного воздуха // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 8. – С. 729–733.

24. Фридман А.В., Авдотьин В.П. Оценка риска возникновения чрезвычайной ситуации в рекреационных зонах Крымского полуострова в результате нару-

шения условий эксплуатации (аварий) на полигонах твердых бытовых отходов // Актуальные проблемы формирования культуры безопасности жизнедеятельности населения: XXI Международная научно-практическая конференция по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Сборник докладов, Ногинск, 17–18 мая 2016 года / МЧС России. – Ногинск: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2016. – С. 319–327.

25. Чура Н.Н. О терминологии и основных понятиях безопасности (на примере статьи Яйсли Е.А. «Концепция риска для управления уровнем экологической безопасности на урбанизированных территориях», опубликовано в журнале «Безопасность жизнедеятельности. 2009. № 5) // Безопасность жизнедеятельности. – 2009. – № 10. – С. 46–48.

26. Шарова О.А. Влияние полигона твердых бытовых отходов на состояние подземных вод (на примере полигона ТБО в Р.П. Красный Яр в Астраханской области) // Вестник тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2014. – Т. 19, № 5. – С. 1741–1743.

27. Developing New Approaches to Assessing Risk to Human Health from Chemicals: Report prepared by the Risk Assessment and Toxicology Steering Committee. Government/Research Councils Initiative on Risk Assessment and Toxicology [Электронный ресурс]. – Leicester (UK): Published by the Institute for Environment and Health, 1999. – 21 p. – URL: http://www.iehconsulting.co.uk/IEH_Consulting/IEHCPubs/IGHRC/cr1.pdf (дата обращения: 18.03.2022).

28. Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures (External Scientific Peer Review Draft). NCEA-C-0148 [Электронный ресурс]. – Washington DC: United States Environmental Protection Agency, National Centre for Environmental Assessment, Risk Assessment Forum, 1999. – 188 p. – URL: https://cfpub.epa.gov/si/si_public_file_download.cfm?p_download_id=36583&Lab=NCEA (дата обращения: 18.03.2022).

29. Health risk assessment and correlation analysis on PCDD/FS in the fly ash from a municipal solid waste incineration plant / Y.-K. Hsieh, W.-S. Chen, J. Zhu, Y.-J. Wu, Q. Huang // Aerosol and Air Quality Research. – 2018. – Vol. 18, № 3. – P. 734–748.

30. Review of evidence on health aspects of air pollution — REVIHAAP project technical report [Электронный ресурс] // World Health Organization. – 2013. – URL: https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report (дата обращения: 18.03.2022).

31. Risk assessment of combined exposure to multiple chemicals: A WHO/IPCS framework / M. Meek, A. Boobis, K. Crofton, G. Heinemeyer, M. van Raaij, C. Vickers // Regulatory Toxicology and Pharmacology. – 2011. – Vol. 60 (2). – P. S1–S14.

32. State of the Art Assessment of Endocrine Disrupters: Final Report / A. Kortenkamp, O. Martin, M. Faust, R. Evans, R. McKinlay, F. Orton E. Rosivatz [Электронный ресурс]. – European Commission, DG Environment, 2011. – 135 p. – URL: https://research-portal.uws.ac.uk/en/publications/state-of-the-art-assessment-of-endocrine-disruptors-final-report (дата обращения: 18.03.2022).

Экспертиза профпригодности в условиях новой нормативной базы

Т.А. Пономарева

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

Экспертиза профессиональной пригодности проводится медицинскими организациями, имеющими лицензию на проведение предварительных и периодических осмотров (ПМО) и экспертизу профпригодности, для определения соответствия состояния здоровья работника и возможности выполнения им отдельных видов работ. Работник может быть признан врачебной комиссией непригодным по состоянию здоровья к выполнению отдельных видов работ (иметь ограничение по конкретным производственным факторам и видам работ) или непригодным к трудовой деятельности по профессии. По решению врачебной комиссии работнику может быть рекомендовано дополнительное обследование в условиях Центра медицины труда и (или) профпатологии. Основанием для направления на экспертизу профпригодности в центр медицины труда и / или профпатологии являются сложные в диагностическом плане случаи или наличие разногласий. Проведен анализ 384 случаев экспертизы профпригодности в условиях Центра медицины труда и профпатологии ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления риском здоровья населения» с 01.04.2021 по результатам предварительных и периодических медицинских осмотров, проводимых медицинскими организациями Пермского края. Выяснено, что основанием для направления на экспертизу профпригодности в Центр медицины труда и профпатологии в основном являлись проблемы диагностики при впервые выявленной клинической симптоматике на этапе ПМО, а также уточнения диагноза (стадии/степени заболевания, наличие осложнений).

Ключевые слова: экспертиза профпригодности, медицинские осмотры, медико-социальная экспертиза.

В настоящее время, несмотря на вводимые государством практически ежегодно различные программы профилактики, просматривается тенденция к ухудшению здоровья трудоспособного населения. В характеристике уровня общественного здоровья трудоспособное население играет ключевую роль.

Критерием степени вредного влияния условий труда на работника является состояние его здоровья.

В ходе выполнения профессиональных обязанностей сотрудник подвергается воздействию множества различных производственных факторов. По результирующему воздействию на организм работника выделяют вредные и опасные производственные факторы. Вредные производственные факторы: а) факторы, способствующие развитию хронических заболеваний и / или усугубляющие течение имеющихся заболеваний за счет длительного низкоинтенсивного воздействия; б) факторы, приводящие к развитию острых заболеваний (отравлений, поражений), травм за счет кратковременного, однократного, высокоинтенсивного воздействия. Опасные производственные факторы: а) факторы, приводящие к жизнеугрожающим состояниям,

летальному исходу; б) факторы, приводящие к тяжелым, в том числе со смертельным исходом, травмам.

На здоровье и работоспособность человека в процессе труда оказывает влияние совокупность факторов производственной (рабочей) среды и трудового процесса. Воздействие производственных факторов на работающих может проявляться ухудшением здоровья, ранним старением, уменьшением продолжительности жизни, особенно в трудоспособном возрасте, увеличением смертности. Основным профилактическим мероприятием, направленным на сохранение здоровья работающего населения, являются обязательные медицинские осмотры [4].

С 1 апреля 2021 г. вступил в силу новый порядок проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, утвержденный приказом Министерства здравоохранения РФ от 28.01.2021 № 29н о проведении медицинских осмотров (приказ 29н) [2].

Основная цель проведения обязательных медицинских осмотров (освидетельствований) оценка состояния здоровья работника (кандидата) и соответствия его здоровья требованиям для выполнения поручаемой ему работы. Периодические медицинские осмотры способствуют динамическому наблюдению за состоянием здоровья работника с целью выявления ранних признаков ухудшения здоровья.

Однако предварительным (при поступлении на работу) и периодическим медицинским осмотрам (в процессе выполнения трудовых обязанностей) работников не всегда придается должное значение как работодателем, так и медицинскими организациями. При этом у самого работника (кандидата) в большинстве случаев отсутствует мотивация быть здоровым, его основное желание – сохранить работу.

Как теперь жить по «новым правилам» и что делать – проблема тех, на чьих плечах лежит ответственность за проведение медосмотров, и тех, кто их проводит.

С точки зрения работодателя один из важнейших нюансов – финансовая составляющая, а не качество медосмотра. Работодатель вправе заключать договор на проведение медосмотра с любой медицинской организацией и каждый год – с разной. При такой организации медосмотров трудно обеспечить динамическое медицинское наблюдение за каждым работником. Система периодических медосмотров эффективна только при наличии динамического медицинского наблюдения за работником в течение всего его трудового стажа.

По результатам как предварительного, так и периодического медицинского осмотра могут быть выявлены медицинские противопоказания к осуществлению отдельных видов работ. Заключение о допуске к профессии (профпригодности/профнепригодности) может выноситься врачебной комиссией медицинской организации, осуществляющей предварительный или периодический медицинский осмотр. По решению врачебной комиссии работнику может быть рекомендовано дополнительное обследование. Что делать работнику, когда он прошел эти необходимые обследования, кто будет выдавать ему заключение по результатам предварительного медицинского осмотра? Экспертиза профессиональной пригодности проводится в таких случаях лицом, поступающим на работу, самостоятельно в рамках программы государственной гарантии бесплатного оказания гражданам медицинской помощи в соответствии с законодательством Российской Федерации (приказ 29н). Таким образом, получается, что медицинская организация выполнила свою работу, а работник заключения не получил. В свою очередь, администрация

предприятия не имеет права принимать, допускать на работы, связанные с возможностью воздействия вредных факторов, лиц, не имеющих заключения медицинской комиссии[1]. Кроме этого возникает и другая проблема организационного характера: в рамках программы государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи не во всех медицинских учреждениях врачебные комиссии имеют в составе профпатологическую подкомиссию.

При наличии медицинских противопоказаний, выявленных по результатам периодического медицинского осмотра (ПМО), работник направляется в медицинскую организацию для проведения экспертизы профессиональной пригодности. Это может быть центр профпатологии или специализированная медицинская организация, имеющая право на проведение экспертизы связи заболевания с профессией и профессиональной пригодности в соответствии с законодательством Российской Федерации [3].

На сегодняшний день действуют три нормативных акта, которые существенно изменяют порядок проведения медицинских осмотров работников и экспертизы профпригодности [1–3]. Приказ Минтруда России № 988н, Минздрава России № 1420н определяет наличие вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные медицинские осмотры; Приказ Минздрава России от 28.01.2021 № 29н – порядок проведения обязательных медицинских осмотров; Приказ Минздрава России от 05.05.2016 № 282н – порядок проведения экспертизы профпригодности. При наличии на рабочем месте вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные медицинские осмотры, работники подлежат ПМО, в остальных случаях работник направляется на медицинский осмотр при наличии на рабочем месте вредного фактора, превышающего предельно допустимые концентрации/уровни (ПДК/ПДУ). Медицинская организация проводит медицинский осмотр в соответствие с утвержденным работодателем списком работников, в котором указаны вредные и (или) опасные производственные факторы и выполняемые работы. Экспертное решение в условиях ПМО принимается на основании данных, *выданных работодателем*.

Цель исследования – проанализировать особенности экспертной работы по результатам обязательных медицинских осмотров.

Материалы и методы. Проанализированы 384 карты ПМО, результаты специальной оценки условий труда (СОУТ) – 367 ед., производственные характеристики – 78 ед., 128 историй болезни центра профпатологии, результаты обследований в специализированных учреждениях.

Результаты. Анализ 384 случаев экспертизы профпригодности, проведенных Центром медицины труда и профпатологии ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления риском здоровья населения» с 01.04.2021 по результатам предварительных и периодических медицинских осмотров, проводимых медицинскими организациями Пермского края, показал, что основанием для направления на экспертизу профпригодности в Центр медицины труда и профпатологии в основном являлись проблемы диагностики при впервые выявленной клинической симптоматике на этапе ПМО, а также уточнения диагноза (стадии/степени заболевания, наличие осложнений). В 34,5 % случаев принять правильное эксперт-

[1] Абзац 12 ч. 2 ст. 212 ТК РФ.

ное решение не представлялось возможным по причине несоответствия установленного диагноза современной классификации, критериям диагностики, а в 27,9 % диагноз установлен без верификации. В 24,7 % случаев отмечено несоответствие между указанными в направлении вредными и (или) опасными производственными факторами и видами работ и фактическими условиями труда; в 9,6 % направление на ПМО в соответствии с действующим законодательством было необоснованным.

Довольно часто для решения вопроса допуска работника к выполнению отдельных видов работ (ограничение по конкретным производственным факторам и видам работ) в условиях ПМО врачебной комиссии не предоставляются результаты обследований, которые были рекомендованы при прохождении предыдущего медицинского осмотра. Основными причинами отсутствия необходимых обследований и невыполнения рекомендаций результатов предыдущего медицинского осмотра, необходимых для решения вопроса профпригодности на этапе ПМО, явились нежелание работника признать наличие болезни (46,4 %), экономические причины (23,2 %), закрытие плановых приемов в медицинских организациях (10 %), отсутствие узких специалистов в медицинских организациях (7 %).

Основным поводом направление на экспертизу профпригодности были болезни системы кровообращения (БСК) в стадии декомпенсации, уточнение диагноза при наличии высокого артериального давления, гипергликемия, синкопальные состояния.

Артериальная гипертензия (АГ), требующая уточнения стадии и степени для принятия экспертного решения, являлась обоснованным направлением на экспертизу профпригодности в Центр медицины труда и профпатологии только в 41,4 % случаев. К сожалению, только у 23,9 % работников по данным первичной медицинской документации установленный диагноз артериальной гипертензии был достаточно верифицирован, и работник наблюдался у кардиолога; у 22,6 % работников с артериальной гипертензией (АГ) обследование было проведено в течение предшествующих 12 месяцев, что позволило установить стадию АГ уже на этапе ПМО.

Обоснованными поводами для направления на экспертизу профпригодности в Центр медицины труда и профпатологии являлись нарушения ритма сердца (НРС), требующие дополнительного обследования (27,9 %), не предусмотренного на этапе периодического медицинского осмотра. Следует отметить, что в 31,7 % (34) случаев НРС были выявлены впервые по результатам обследования и не имели клинических проявлений.

Решение вопроса допуска к профессии у работников с синкопальными состояниями в условиях новой нормативной базы требует дополнительного обсуждения. В соответствии с Приказом Минздрава России от 28.01.2021 № 29н эпизодические и пароксизмальные расстройства нервной системы, прогрессирующие и с опасным прогнозом:

а) любые пароксизмальные состояния, сопровождавшиеся судорогами и / или прикусыванием языка и / или недержанием мочи – противопоказанием являются вредные и (или) опасные производственные факторы и работы (1–5, 6–22), решение вопроса о профессиональной пригодности *принимается врачебной комиссией с учетом заключения врача невролога*;

б) синкопальные состояния, спровоцированные внешними факторами, при наличии рецидивов являются противопоказанием при отдельных видах работ (1.47.2, 1.47.3, 1.25.6, 6,19,21)[2].

[2] Приложение 2, п. 17 б Приказа Минздрава России от 28.01.2021 № 29н.

По Постановлению Правительства РФ от 28.04.1993 № 377 (действ. ред. от 23.09.2002) медицинскими психиатрическими противопоказаниями для осуществления отдельных видов профессиональной деятельности в условиях повышенной опасности являются *эпилепсия и синкопальные состояния*. Таким образом, работники, которые могут быть допущены к выполнению работ в соответствии с приказом 29н, имеют противопоказания по результатам психиатрического освидетельствования.

По результатам экспертизы профпригодности за период с 01.04.2022 в 7,0 % случаев выявлены постоянные медицинские противопоказания к выполнению отдельных видов работ, в 16,1 % случаев – временные. В результате дополнительного обследования, после проведения лечебных мероприятий у 4 % работников установлено стойкое нарушение функций организма, обусловленное заболеванием. Цель направления работника на медико-социальную экспертизу: определение степени утраты профессиональной трудоспособности в процентах (35,7 %), разработка индивидуальной программы реабилитации или абилитации (50 %), реже – установление группы инвалидности (14,3 %). Основными причинами стойкого нарушения функций организма явились БСК (71,4 %), демиелинизирующие болезни центральной нервной системы (14,3 %), выраженные когнитивные нарушения (14,3 %).

На экспертизу профессиональной пригодности работник может представляться неоднократно. Медицинское заключение о допуске к работе по профессии имеет срок действия, по прошествии которого документ этот автоматически утрачивает значение и силу. Оформление заключения о допуске к профессии без проведения экспертизы профпригодности не допускается и строго запрещается действующими нормативными документами.

Выводы. Таким образом, для вынесения заключения о допуске к профессии на этапе периодического медицинского осмотра, медицинская комиссия должна получить дополнительные сведения по условиям труда (это могут быть карта специальной оценки условий труда и / или производственная характеристика).

Кроме этого необходимо запрашивать для изучения первичную медицинскую документацию с места жительства (с места регистрации) работника.

Также необходимо, чтобы работник предоставлял медицинской комиссии результаты выполнения рекомендаций по предыдущим медицинским осмотрам.

Стоит отметить, что довольно часто при решении вопроса допуска работника к выполнению отдельных видов работ (ограничение по конкретным производственным факторам и видам работ) направление в центр медицины труда и профпатологии является необоснованным, так как выявленное заболевание не является противопоказанием к профессиональной деятельности согласно Приказу Минздрава России от 28.01.2021 № 29н.

Список литературы

1. Об утверждении перечня вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные медицинские осмотры при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры: Приказ Минтруда России № 988н, Минздрава России № 1420н от 31.12.2020 [Электронный ресурс] // КонсультентПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_ LAW_375352/ (дата обращения: 18.03.2022).

2. Об утверждении порядка проведения обязательных предварительных осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры: Приказ Минздрава России от 28.01.2021 № 29н [Электронный ресурс] // КонсультентПлюс. – URL: https://www.surgpu.ru/media/uploads/2021/06/02/prikaz-minzdrava-rossii-ot-28_01_2021-n-29n-medosmotr_1.pdf (дата обращения: 18.03.2022).

3. Об утверждении порядка проведения экспертизы профессиональной пригодности и формы медицинского заключения о пригодности или непригодности к выполнению отдельных видов работ: Приказ Минздрава России от 05.05.2016 N 282н / зарегистрирован Минюстом России от 02.06.2016, регистрационный номер № 42397 [Электронный ресурс] // Гарант. – URL: https://base.garant.ru/71415276/ (дата обращения: 18.03.2022).

4. Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022) [Электронный ресурс] // КонсультентПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_ LAW_34683/ (дата обращения: 18.03.2022).

Методические подходы к использованию данных регионального фонда социально-гигиенического мониторинга для принятия управленческих решений по снижению риска здоровью населения

О.О. Синицына, В.В. Турбинский, А.В. Хан

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора,
г. Мытищи, Россия

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.

Материалы исследований включали данные регионального фонда социально-гигиенического мониторинга (среда обитания, медико-демографические показатели, здоровье населения и сведения о социально-экономическом состоянии территории, принятые управленческие решения).

В качестве методов анализа данных использовали расчеты стандартных статистических параметров: оценка нормальности распределения данных по критерию Колмогорова – Смирнова с помощью программы SPSS, расчет средних и стандартной ошибки среднего, 95%-ный процентиль.

Разработаны подходы к использованию данных региональных информационных фондов социально-гигиенического мониторинга для принятия управленческих решений, включающих оптимизацию схемы расположения мониторинговых точек, выбор приоритетных загрязняющих веществ и частоты контроля.

Ключевые слова: социально-гигиенический мониторинг, региональный информационный фонд, управленческие решения.

Загрязнение окружающей среды на территории Саратовской области обусловлено не только деятельностью промышленных предприятий, но и социальным, экономическим и технологическим развитием региона [5–10]. В целях повышения эффективности управленческих решений в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения все более актуальным становятся вопросы своевременного получения информации о состоянии среды обитания и здоровья населения [11].

Предусмотренная Федеральным законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ передача полномочий федеральных органов исполнительной власти в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации (ст. 5.1) определяет актуальность развития в регионах, ориентированных на местные условия, региональных информационных систем социально-гигиенического мониторинга [4].

Цель исследования состояла в научном обосновании подходов к использованию данных региональных информационных фондов социально-гигиенического мониторинга для принятия управленческих решений.

Материалы и методы. Объектами исследования служили гигиенические факторы среды обитания человека (атмосферный воздух, вода, почва) на территории Саратовской области и меры органов исполнительной власти. Материалы исследований включали данные регионального фонда социально-гигиенического мониторинга Саратовской области за 2015–2020 гг. (среда обитания, медико-демографические показатели, здоровье населения и сведения о социально-экономическом состоянии территории, принятые управленческие решения) [3]. В качестве методов анализа данных использовали расчеты стандартных статистических параметров: оценка нормальности распределения данных по критерию Колмогорова – Смирнова с помощью программы SPSS, расчет средних и стандартной ошибки среднего, 95%-ный процентиль. Проводили ранжирование и картографирование показателей по территории региона, выполнены корреляционно-регрессионный анализ и оценка эффективности профилактических мероприятий [2]. Общая схема совершенствования мониторинга включала блоки: «мониторинговые точки», «приоритетные показатели», «частота наблюдений».

Результаты. Показано, что на территории Саратовской области система социально-гигиенического мониторинга включает сеть мониторинговых точек для наблюдения за санитарно-гигиеническим состоянием: а) атмосферного воздуха – 42–30 точек; б) воды водных объектов и питьевой воды систем централизованного и нецентрализованного водоснабжения населения – 340–151 точки; в) почвы на территории населенных мест – 198–150 точек; и обеспечивает охват наблюдения за факторами среды обитания более чем у 98 % населения области.

Установлено, что основными антропогенными источниками загрязнения среды обитания человека на территории Саратовской области являются автотранспорт (взвешенные вещества (пыль), серы диоксид, диоксид азота, оксид азота, оксид уг-

лерода, аммиак, формальдегид, фенол, бенз(а)пирен), промышленные и сельскохозяйственные предприятия (взвешенные вещества, углерода оксид, азота диоксид, ксилол, дигидросульфид, формальдегид) [1].

Природные геогидрохимические условия залегания подземных вод обусловливают наибольшее количество проб воды с превышением ПДК по органолептическим показателям на следующих территориях: Аркадакский, Саратовский, Петровский, Татищевский, Питерский, Федоровский, Екатериновский районы (запах, привкус, цветность, мутность); по химическим показателям – Аткарский, Аркадакский, Балашовский, Саратовский, Пугачевский, Петровский, Краснопартизанский, Самойловский и Татищевский районы (железо, бор, хлориды, аммиак, марганец, сульфаты, кремний); по микробиологическим показателям – Аркадакский, Саратовский, Ровенский, Хвалынский, Федоровский и Питерский районы (ОКБ, ТКБ, ОМЧ, колифаги). Единичные превышения ПДК по хлоридам регистрируются в Краснопартизанском, Саратовском и Пугачевском районах. Единичные случаи превышения ПДК по аммиаку, кремнию, сульфатам, бору зарегистрированы в Петровском, Саратовском, Самойловском районах.

В Саратовской области лабораторные исследования проводятся в детских дошкольных, лечебных учреждениях, парках, на детских игровых площадках, в санитарно-защитных зонах. Превышения ПДК в почвах г. Саратова по санитарно-химическим показателям определены по бенз(а)пирену, кадмию, нефтепродуктам – от 13,8 % проб в 2018 г., до 5,3 % проб в 2020 г.

Реализация принципа установления точек мониторинга в зависимости от численности населения позволила при уменьшении количества точек мониторинга в 2015–2020 гг. в Саратовской области обеспечить высокий уровень охвата населения, находящегося под контролем состояния среды обитания.

За исследуемый период (2015–2020 гг.) в результате принятия системных управленческих решений по организации территории населенных мест, сокращению образования выбросов отходов производства и потребления, строительству и реконструкции водозаборных и водоочистных сооружений было отмечено снижение доли проб, не соответствующих гигиеническим нормативам: атмосферного воздуха (в 2,6 раза), воды источников водоснабжения (на 3,2–10,2 %) и почвы на территории населенных мест (на 8,5 %).

Выводы. Научно обоснованы региональные критерии для гигиенической оценки загрязнения атмосферного воздуха, воды водных объектов и почв на территории Саратовской области.

Разработаны подходы к использованию данных региональных информационных фондов социально-гигиенического мониторинга для принятия управленческих решений, включающих оптимизацию схемы расположения мониторинговых точек, выбор приоритетных загрязняющих веществ и частоты контроля.

Список литературы

1. Кожанова О.И., Сергеева С.В., Хан А.В. Риски от воздействия окружающей среды на территории Саратовской области // Гигиена, экология и риски здоровью в условиях современного производства: материалы V Межрегиональной научно-практической конференции молодых ученных и специалистов / под ред. В.Ф. Спирина. – Саратов, 28 мая 2015. – С. 70–76.

2. МР 2.1.4.0176-20. 2.1.4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Организация мониторинга обеспечения населения качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения / утв. Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом РФ А.Ю. Поповой 30.04.2020 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/565982142 (дата обращения: 13.02.2022).

3. О перечне показателей и данных формирования Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга: Приказ Роспотребнадзора от 30.12.2005 № 810 (с изменениями на 19 июня 2017 года) [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/901965001 (дата обращения: 13.02.2022).

4. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 02.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2022) / принят Государственной Думой 12 марта 1999 года, одобрен Советом Федерации 17 марта 1999 года [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/901729631 (дата обращения: 13.02.2022).

5. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2014 году: материалы государственного доклада по Саратовской области. – Саратов: Управление Роспотребнадзора по Саратовской области, 2015. – 278 с.

6. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2015 году: материалы государственного доклада по Саратовской области. – Саратов: Управление Роспотребнадзора по Саратовской области, 2016. – 281 с.

7. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году: материалы государственного доклада по Саратовской области. – Саратов: Управление Роспотребнадзора по Саратовской области, 2017. – 293 с.

8. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году: материалы государственного доклада по Саратовской области. – Саратов: Управление Роспотребнадзора по Саратовской области, 2018. – 279 с.

9. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 году: материалы государственного доклада по Саратовской области. – Саратов: Управление Роспотребнадзора по Саратовской области, 2019. – 279 с.

10. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: материалы государственного доклада по Саратовской области. – Саратов: Управление Роспотребнадзора по Саратовской области, 2020. – 281 с.

11. Сергеева С.В., Хан А.В. Влияние атмосферного воздуха на здоровье населения города Саратова, прогнозирование и расчет экономического ущерба // Гигиена, экология и риски здоровью в условиях современного производства: материалы межрегиональной научно-практической конференции молодых ученных и специалистов. – Саратов, 28 мая 2014 г. – С. 70.

Современное методическое обеспечение контроля атмосферного воздуха

Т.С. Уланова, Т.Д. Карнажицкая, Е.В. Стенно, Г.А. Вейхман

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

Рассмотрены методические приемы, которые используются при определении токсичных органических и неорганических соединений в атмосферном воздухе для практических инструментальных исследований, направленных на изучение качества атмосферного воздуха. Высокая чувствительность и селективность определения фталатов в атмосферном воздухе с нижним пределом определения 0,002 мг/м^3 и максимальной погрешностью не более 35 % достигнута за счет применения масс-спектрометрического детектора в сочетании с высокоэффективной жидкостной хроматографией в комплексе с оптимальными условиями отбора проб. Для анализа акролеина в атмосферном воздухе на уровне от 15 нг/м^3 и выше использован прием его перевода из высоколетучего в нелетучее состояние в результате реакции дериватизации на стадии пробоотбора и анализе производного акролеина методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуориметрическим детектированием. При определении приоритетных химических элементов в атмосферном воздухе на уровне 1 нг/м^3 и выше использован метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, характеризующийся высокой точностью, селективностью, чувствительностью в сочетании с различными способами подготовки в зависимости от задачи исследований.

Разработанные методики по определению токсичных органических соединений и элементов в атмосферном воздухе использованы при исследовании качества воздуха для оценки риска здоровью населения.

Ключевые слова: атмосферный воздух, масс-спектрометрия, количественный химический анализ.

Обеспечение высокого качества уровня жизни населения является одним из приоритетов политики правительства Российской Федерации. Высоковостребованным в реализации этого направления является контроль качества атмосферного воздуха, который выполняется региональными подразделениями Роспотребнадзора в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Для проведения контроля необходимо располагать современным и надежным методическим обеспечением. Разработкой методик для контроля объектов окружающей среды и обеспечения нормативных документов занимается отдел химико-аналитических методов исследования ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». Методики разрабатываются на основе современных методов анализа в соответствии с российскими и международными требованиями и стандартами с пределом определения, обеспечивающим определение в атмосферном воздухе на уровне 0,8 ПДК$_{мр}$ или на уровне референтной концентрации (*RfC*) при хроническом ингаляционном воздействии [5].

Приоритет при разработке методик предоставляется органическим соединениям 1–2-х классов опасности и токсичным элементам. К этому классу соединений относятся высокотоксичные соединения органических фталатов и повсеместно присутствующий ингредиент выбросов автотранспорта и производств химической промышленности – акролеин [7–10].

Фталаты (эфиры 1,2-бензолдикарбоновой (о-фталевой) кислоты) являются эндокринными дизрапторами, оказывают мутагенное и эмбриотоксическое действие, нарушают репродуктивную функцию; ди(2-этилгексил)фталат относится к группе условных канцерогенов.

Источником выделения фталатов в окружающую среду является процесс производства этих веществ. В природные объекты попадает до 15 % от общего объема произведенных фталатов. Еще один источник – эксплуатация фталатсодержащих материалов, утилизация и сжигание отработанных материалов. Самым крупным производителем мусора, содержащего фталаты, является медицина, так как медицинские материалы и инструменты изготавливаются в большом количестве из пластмасс, содержащих фталаты [1].

Для определения органических фталатов – диметилфталата (ДМФ), диэтилфталата (ДЭФ), бензилбутилфталата (ББФ), дибутилфталата (ДБФ), дигексилфталата (ДГекФ), ди(2-этилгексил)фталата (ДЭГФ) и ди-н-октилфталата (ДОФ) – в атмосферном воздухе разработана методика на базе метода высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором – ВЭЖХ/МС [6].

Методика основана на концентрировании фталатов из воздуха на фильтр из стекловолокна и полимерный сорбент «Тенакс ТА», извлечении с фильтра и сорбента ацетонитрилом, разделении на жидкостном хроматографе на колонке с обращенной фазой С18, идентификации по масс-спектрам и временам удерживания и количественном определении методом абсолютной градуировки. Степень экстракции фталатов с фильтров и сорбента «Тенакс ТА» составляет в среднем 98 %. Диапазон определяемых концентраций составляет 0,002–2 мг/м^3, относительная погрешность определения 20 %. В табл. 1 приведены нормативы содержания определяемых фталатов в атмосферном воздухе и нижний предел определения отдельных соединений.

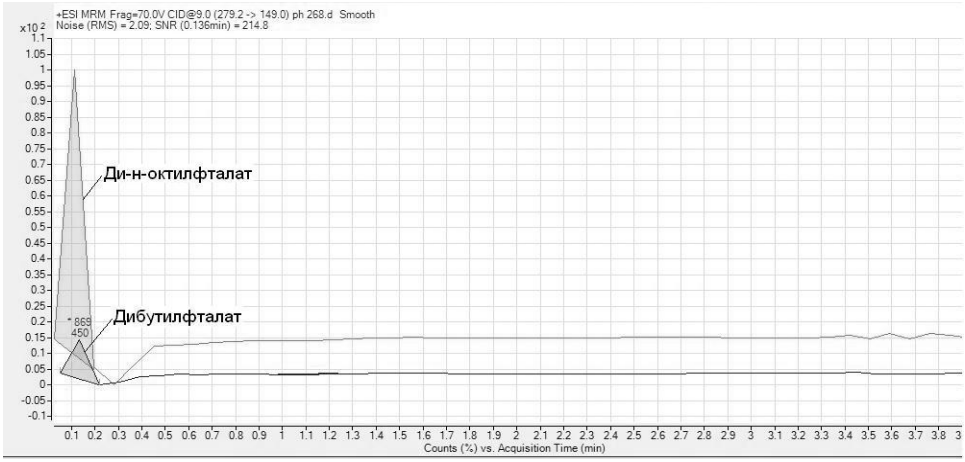
Таблица 1

Определяемые фталаты, гигиенические нормативы и нижние пределы определения по разработанной методике

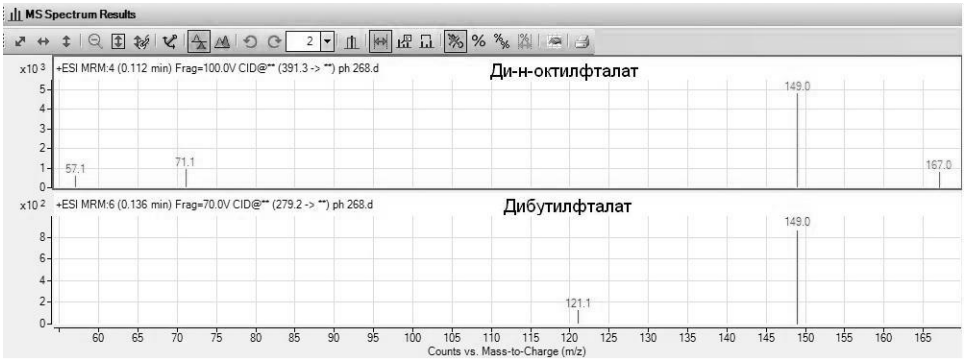
Наименование фталата	ПДК$_{мр}$, мг/м^3	ПДК$_{сс}$, мг/м^3	ОБУВ, мг/м^3	*RfC* (для хронического ингаляционного воздействия), мг/м^3	НПО* по методике, мг/м^3
Диметилфталат	0,03	0,01	–	–	0,002
Диэтилфталат	–	–	–	0,05	0,002
Бензилбутилфталат	–	–	0,01	0,7	0,002
Дибутилфталат	–	–	0,1	0,05	0,002
Дигексилфталат	–	–	0,01	–	0,002
Ди (2-этилгексил) фталат	–	–	–	0,01	0,002
Диоктилфталат	–	–	–	0,07	0,002

Примечание: НПО* – нижний предел определения фталата.

Разработанная методика позволяет определять из одной пробы атмосферного воздуха семь высокотоксичных органических фталатов селективно, высокочувствительно и достоверно. Хроматограмма анализа фталатов в воздухе г. Перми и масс-спектры полученных ионов представлены на рис. 1.



а



б

Рис. 1. Анализ фталатов в атмосферном воздухе на территории детского сада г. Перми: *а* – хроматограмма; *б* – масс-спектры основных (m/z 149) и подтверждающих дочерних ионов ди-н-октилфталата (m/z 57,1; 71,1; 167) и дибутилфталата (m/z 121,1)

Акролеин (2-пропеналь, акриловый альдегид, этиленальдегид) – бесцветная, легковоспламеняющаяся слезоточивая жидкость с резким запахом. Выделяется в атмосферный воздух с промышленными выбросами, отработавшими газами автотранспорта, в процессе горения органического топлива, при приготовлении пищи (жарение, копчение). Агрегатное состояние в воздушной среде – пары. Относится к опасным веществам. ПДК$_{мр}$ 0,03 мг/м^3, ПДК$_{сс}$ 0,01 мг/м^3. Референтные концентрации акролеина составляют: для острого ингаляционного воздействия 0,0001 мг/м^3, для хронического ингаляционного воздействия 0,00002 мг/м^3 [5].

Методика определения акролеина в атмосферном воздухе основана на дериватизации в процессе отбора пробы и определении методом ВЭЖХ с флуориметриче-

ским детектором. Концентрирование акролеина из воздуха проводится в поглотительный раствор с 3-аминофенолом при нагревании, обеспечивающем образование деривата акролеина (7-гидроксихинолина) с выходом 85–95 %, концентрировании отобранной пробы и анализе 7-гидроксихинолина методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на обращенной фазе С18 с флуориметрическим детектированием. Диапазон определяемых концентраций акролеина составляет 0,000015–0,05 мг/м^3. Относительная погрешность измерения 25 %. Разработанная методика определения акролеина в атмосферном воздухе позволяет проводить определение этого высокотоксичного соединения на уровне референтных концентраций [3]. Хроматограмма определения акролеина в атмосферном воздухе вблизи транспортной магистрали г. Перми представлена на рис. 2.

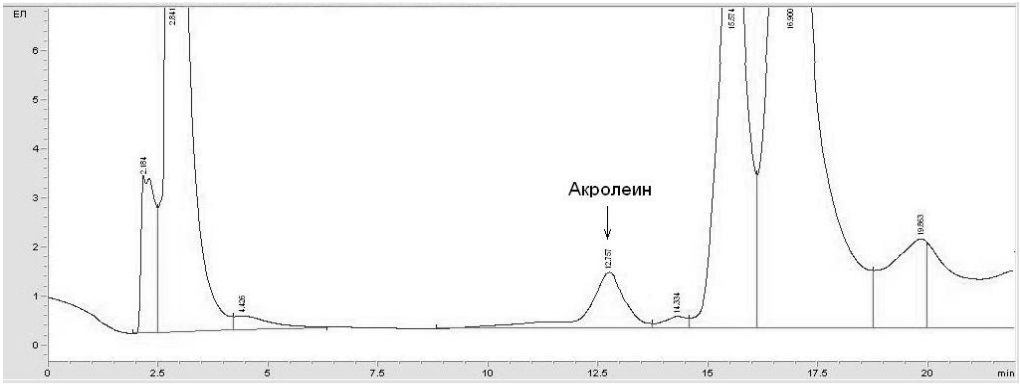


Рис. 2. Хроматограмма определения акролеина в атмосферном воздухе вблизи транспортной магистрали

Высоковостребованным при контроле качества атмосферного воздуха является определение токсичных элементов. Разработана методика определения 19 приоритетных элементов в атмосферном воздухе методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МУК 4.1. 3481-17) [4]. Метод ИСП-МС широко используется в современных российских и международных исследованиях, характеризуется как высокоточный, абсолютно селективный, высокочувствительный, позволяющий в широком динамическом диапазоне проводить определение низких концентраций токсичных элементов с использованием единого способа пробоподготовки. Разработанная методика измерений массовых концентраций химических элементов (алюминий, ванадий, вольфрам, железо, кадмий, кобальт, литий, магний, марганец, медь, мышьяк, никель, свинец, селен, стронций, таллий, титан, хром, цинк) в атмосферном воздухе, в воздухе жилых и общественных помещений при отборе 6–20 м^3 воздуха методом ИСП-МС с использованием реакционно/столкновительной ячейки с гелием позволяет определять содержание 19 элементов на уровне гигиенических нормативов и референтных концентраций, что необходимо при проведении исследований по оценке риска здоровью населения (табл. 2).

Разработанная методика использована при исследовании проб атмосферного воздуха различных территорий РФ [2].

Таблица 2

Перечень определяемых элементов, гигиенические нормативы и диапазоны измерений в атмосферном воздухе

Наименование определяемого элемента	ПДК$_{сс}$, мг/м^3	$RfC_{хр}$, мг/м^3	Диапазон измерений в воздухе, мг/м^3	Показатель точности методики (границы относительной погрешности при p=0,95), ± $\delta_д$, %
Алюминий	0,01	0,005	0,00005–0,1	18,0
Ванадий	0,002	0,00007	0,000001–0,02	20,62
Вольфрам	0,15	0,1	0,000001–1,5	19,32
Железо	0,04	0,007	0,00017–0,04	18,68
Кадмий	0,0003	0,00002	0,000001–0,003	18,0
Кобальт	0,0004	0,00002	0,000001–0,004	20,1
Литий	0,005 (ОБУВ)	0,0002	0,000001–0,05	21,58
Магний	0,05	0,05	0,000035–4,0	18,34
Марганец	0,001	0,00005	0,000005–0,1	24,85
Медь	0,002	0,00002	0,00002–0,03	24,0
Мышьяк	0,0003	0,00003	0,000002–0,003	18,5
Никель	0,001	0,00005	0,00001–0,02	24,17
Свинец	0,0003	0,0005	0,000002–0,01	24,91
Селен	0,00005	0,00008	0,000002–0,001	24,96
Стронций	0,015 (ОБУВ)	Отсутствует	0,000005–0,15	24,46
Таллий	0,0004	0,00028	0,000001–0,004	18,05
Титан	0,5 (ОБУВ)	0,03	0,00001–5,0	24,28
Хром	0,0015	0,0001	0,00001–0,015	21,0
Цинк	0,05	0,0009	0,00005–0,03	25,0

Новые методики по определению токсичных органических соединений и элементов в атмосферном воздухе могут быть использованы при мониторинговых исследованиях и в научных исследованиях при оценке риска здоровью населения.

Список литературы

1. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. – М., БИНОМ, Лаборатория знаний, 2004. – 323 с.

2. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой в современных гигиенических исследованиях атмосферного воздуха / Т.С. Уланова, Г.А. Вейхман, Е.В. Стенно [и др.] // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 4. – С. 461–467.

3. МУК 4.1.3356-16. Измерение массовой концентрации акролеина в атмосферном воздухе методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: методические указания / утв. руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой 10 марта 2016 г. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2016. – 18 с.

4. МУК 4.1.3481-17. Измерение массовых концентраций химических элементов в атмосферном воздухе методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. – М., 2018.

5. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / утв.

Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 5 марта 2004 г. – М., 2004. – 143 с.

6. СТО М 40-2019. Измерение массовых концентраций диметилфталата, диэтилфталата, бензилбутилфталата, дибутилфталата, дигексилфталата, ди (2-этилгексил) фталата и диоктилфталата в атмосферном воздухе методом хромато-масс-спектрометрии: стандарт организации. – М., 2019.

7. Determination of 15 phthalate esters in air by gas-phase and particle-phase simultaneous sampling / C. Chi, M. Xia, C. Zhou [et al.] // Journal of Environmental Sciences, 2017. – Vol. 55. – P. 137–145.

8. Hagino H., Nakayama A. Determination of Acrolein in the Atmosphere by High Performance Liquid Chromatography with Non Acidified DNPH Derivatization // J. Bunseki Kagaku, 2010. – Vol. 59, № 3. – P. 251–256.

9. Schieweck A., Uhde E., Salthammer T. Determination of acrolein in ambient air and in the atmosphere of environmental test chambers // Environ. Sci.: Processes Impacts, 2021. – Vol. 23. – P. 1729–1746.

10. Quantitative Determination of Phthalate Esters from Air Sample using a Solid-Phase Extraction-Type Collection Device / I. Ueta, R. Takenaka, K. Fujimura [et al.] // Analytical Sciences, 2018. – Vol. 34, № 10. – P. 1–24.

Вклад Нижегородского научно-исследовательского института гигиены и профпатологии в работу санитарно-эпидемиологической службы России

И.А. Умнягина, С.А. Колесов, И.В Федотова, В.В. Трошин, М.А. Позднякова

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора,
г. Нижний Новгород, Россия

Приведен исторический очерк возникновения, становления, основных направлений и результатов работы ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора.

Ключевые слова: Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии, научные направления, деятельность.

Курс на индустриализацию, взятый СССР после гражданской войны, масштабное строительство новых промышленных предприятий, новая парадигма взаимоотношений власти и населения потребовали реорганизации системы здравоохранения, в том числе и усиления эпидемиологической медицины и гигиены труда.

В Нижнем Новгороде в ноябре 1925 г. при санитарном отделе Губздрава создается секция по изучению профессиональных заболеваний. Руководство этой работой поручается врачу Софье Израилевне Скундиной, которая организовала в 1926 г. в Сормове поликлинику по изучению профессиональных болезней, а в июле 1927 г. начала свою работу Нижегородская губернская поликлиника по изучению профессиональных болезней (Нижгубпрофдиспансер).

Летом следующего года нарком здравоохранения Николай Александрович Семашко направляет в Нижний Новгород известного гигиениста профессора Вячеслава Александровича Левицкого для оценки возможности создания на базе поликлиники института. Побывав в Н. Новгороде, Левицкий пришел к положительному выводу.

1 октября 1929 г. Постановлением Нижегородского крайисполкома создается Краевой институт по изучению и борьбе с профессиональными заболеваниями. Основателем и первым директором института стала врач Софья Израилевна Скундина. Постепенно происходит формирование института, укрепление научными кадрами. Для работы в институте наркомом здравоохранения страны Николаем Александровичем Семашко были направлены крупные специалисты из Москвы и привлечены высококвалифицированные нижегородские врачи (профессор И.Н. Кавалеров, терапевт А.И. Батурин, гигиенисты труда Андрей Сергеевич Архипов, Иван Иванович Елкин и другие). Таким образом, был сформирован научный коллектив, способный решать поставленные перед институтом задачи.

Первые работы института были во многом практическими и состояли в налаживании санитарного режима, создании системы медпунктов и снижении уровня общей заболеваемости как на старых, технически несовершенных заводах (Сормово), так и на новых: строился гигант и первенец автостроения – Горьковский автозавод (ГАЗ). Одновременно проводились и первые научные работы по изучению условий труда и состоянию здоровья рабочих на этих предприятиях.

С 1934 г. институт начал заниматься изучением вопросов гигиены труда, промышленной токсикологии и профессиональной патологии в новых химических производствах, созданных в различных областях страны. Были исследованы санитарно-гигиенические условия труда и состояние здоровья рабочих в производстве хлора, супефосфата, желтого и красного фосфора, тетраэтилсвинца и других химических соединений.

В марте 1939 г. в соответствии с постановлением Совета Народных Комиссаров институт переименован в Горьковский НИИ гигиены труда и профзаболеваний Госкомсанэпиднадзора России. Учреждение получает республиканский статус, и деятельность его профилируется на обслуживание химических производств (прежде всего в оборонной промышленности).

Годы Великой Отечественной войны – это целая эпоха в жизни института. Коллектив сотрудников, работая с предельным напряжением сил, выполнял научную тематику оборонного назначения, а также сложные оперативные задания. Трудность, значимость и ответственность исполняемой институтом работы обусловливалась и тем, что во время войны гигиенические институты Москвы, Украины и Ленинграда практически прекратили свою деятельность. Работа института в военные годы позволила оздоровить условия труда на оборонных предприятиях и снизить число профзаболеваний среди их рабочих.

Кроме того, в военное время институт был основной базой подготовки врачей-токсикологов Военно-морского флота и Красной армии и учебной базой для студентов Горьковского медицинского института.

В эти тяжелые годы директор института Андрей Сергеевич Архипов умело направлял научно-практическую работу, велись интересные наблюдения, накапливался ценный научный материал. В годы войны (1942, 1943, 1944 гг.) институт провел три масштабные конференции с целью быстрого внедрения результатов научных работ института в практику на заводы, в медико-санитарные части.

Строительство и бурное развитие крупнотоннажных химических производств определило основные направления послевоенного развития института, задачи для научной разработки. Это проблема пестицидов, изучение гигиенических особенностей и профпатологии в производствах синтетических смол и пластмасс.

Комплексному изучению подвергнута большая группа производств (более 500), осуществляющих промышленный выпуск диизоцианатов, винилхлорида и поливинилхлорида, эфиров акриловой и метакриловой кислот и полимеров на их основе, пенополиуретанов. В результате этой большой работы было научно обосновано свыше 200 гигиенических нормативов содержания химических веществ в воздухе рабочей зоны и в объектах окружающей среды, разработано свыше 600 высокочувствительных санитарно-химических методов определения вредных веществ, испытано более 300 моделей средств индивидуальной защиты. По результатам исследований разработано 16 ГОСТ и 30 санитарных правил и норм; подготовлено более 500 нормативно-методических документов.

Вопросы изучения условий труда на химических производствах потребовали создания в 1961 г. лаборатории физиологии труда, которую возглавил Михаил Абрамович Грицевский.

Годы руководства института директором Зоей Васильевной Шароновой (1966–1983 гг.) подняли научный авторитет организации. Учреждение много и успешно взаимодействовало с Научно-исследовательским институтом гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР (1945–1992 гг.): проводились научные работы, практиковалось проведение совместных заседаний проблемных комиссий под председательством академика Николая Федотовича Измерова.

Следует особенно отметить, что институт был единственным в СССР медицинским научным учреждением, профилированном на изучении медико-биологических проблем на автомобильном транспорте. В этом направлении были достигнуты большие успехи, послужившие основой для выделения новой отрасли науки – автодорожной медицины.

90-е гг. оказались для института нелегкими. Существенно уменьшилось число сотрудников, был закрыт ряд лабораторий. Но сам институт уцелел. В нем появились и новые направления работы, такие как изучение гигиенических аспектов уничтожения химического оружия, работы по поиску ранних маркеров профессиональных заболеваний, гигиенические исследования современных химических производств, изучение влияния информационной нагрузки на работающих и др.

В настоящее время разработана стратегия развития организации на пятилетний период, реорганизована структура, а доля молодых ученых достигла 30 %. Эти меры позволили существенно расширить научную тематику: научные сотрудники института выполняют девять научных тем в рамках научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2021–2025 гг. «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью и повышения качества жизни населения России». В этой боль-

шой работе будут изучены современные аспекты проблемы охраны здоровья населения, требующие теоретического обоснования и практического осуществления.

На протяжении всей своей истории институт не только проводил научные изыскания, но и осуществлял учебную деятельность: проводил курсы для врачей гигиенистов и профпатологов по повышению их квалификации, готовил ординаторов, осуществлял целый комплекс образовательных услуг по последипломной подготовке специалистов для санитарно-эпидемиологической службы и Роспотребнадзора. Исходя из важности такой деятельности, в 2019 г. в институте организован Центр дополнительного профессионального медицинского образования, осуществляющий подготовку по 60 дополнительным профессиональным программам.

В заключение следует отметить, что Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии Роспотребнадзора внес существенный вклад в работу санитарно-эпидемиологической службы России. Но миссия его не исчерпана, и в настоящее время перед институтом стоят сложные задачи по выполнению работ по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия российских граждан для достижения Национальных целей Российской Федерации, обозначенных президентом РФ В.В. Путиным. Решение этих задач потребует не только деятельного участия всех сотрудников института, но и привлечения к научной работе новых молодых кадров, а так же взаимодействие с другими организациями. Эти направления являются важнейшими в сегодняшней политике нашей организации.

Раздел II

Теория и практика оценки, прогнозирования и управления рисками здоровью, в том числе в условиях пандемии коронавирусной инфекции

Особенности экспрессии регуляторных Т-лимфоцитов в периферической крови детей с дисфункцией вегетативной нервной системы в условиях высокой техногенной нагрузки

И.Н. Аликина[1], О.В. Долгих[1,2,3], О.А. Степанова[2]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
[3]ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
г. Пермь, Россия

В работе проведено исследование иммунного статуса у 236 детей в возрасте 4–10 лет, проживающих на территории Центральной Сибири с высокой техногенной нагрузкой (Иркутская область), в том числе 189 детей с функциональными нарушениями вегетативной нервной системы (ВНС) (группа наблюдения) и 47 условно здоровых детей (группа сравнения). Целью работы являлось изучение экспрессии CD127 на регуляторных Т-лимфоцитах периферической крови детей с вегетососудистыми нарушениями, постоянно проживающих на техногенно-нагруженной территории районного центра Иркутской области. Изучены показатели клеточного иммунитета и нейроэндокринной системы методом проточной цитометрии и методом иммуноферментного анализа, также проведена оценка изменения содержания IgG специфического к алюминию методом аллергосорбентного тестирования. Результаты изучения иммунного статуса детей дошкольного и младшего школьного возраста с нарушениями вегетативной нервной системы позволили установить гиперэкспрессию относительного содержания $CD3^{hi}CD25^{hi}$ и $CD3^{hi}CD25^{hi}CD127l^{ow}$ Т-лимфоцитов, специфического IgG к алюминию, а также дефицит содержания медиатора серотонина.

Ключевые слова: регуляторные клетки, дети, вегетативная нервная система, среда обитания.

Многочисленные исследования последних лет убедительно доказывают, что наиболее чувствительными к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды оказываются дети дошкольного и младшего школьного возраста [1]. У детей, проживающих в зоне повышенной техногенной нагрузки, имеет место хроническое поступление в организм малых доз токсикантов промышленного происхождения, действие которых в первую очередь затрагивает регуляторные системы: нервную и иммунную [2].

На сегодняшний день патология вегетативной регуляции представляет собой важный раздел неврологии. Дисфункция вегетативной нервной системы или вегетативная дистония встречается очень часто (50 % всех неврологических расстройств) и проявляется разнообразными симптомами в разнообразных сочетаниях: стойкими кардиалгиями, артериальными тахикардиями или аритмиями, пролонгированной и «непонятной» гипертермией (субфебрилитетом), трудностью вдоха или одышкой с нарушением ритма дыхания, тошноты и рвоты, потоотделения, головокружений и различными паническими атаками. Ведущими этиологи-

ческими факторами вегетативной дистонии считаются отрицательные эмоции и нервное напряжение, а сама она нередко рассматривается как ранняя компенсаторно-приспособительная реакция сосудистой системы. Инфекционно-токсические и аллергические влияния повышают чувствительность и уязвимость вегетативной нервной системы [4, 5].

Регуляторные Т-клетки (Treg) представляют собой особую субпопуляцию иммуносупрессивных Т-клеток, необходимых для поддержания иммунного гомеостаза. Они поддерживают самотолерантность, ингибируют аутоиммунитет и действуют как критические негативные регуляторы воспаления при различных патологических состояниях, включая аутоиммунитет, повреждение и дегенерацию нервной системы [5]. Известно, что клетки Treg оказывают как благотворное, так и негативное влияние на течение заболеваний, а имеющиеся исследования указывают на их участие в формировании патологии периферической и центральной нервной системы [6].

Ранняя диагностика изменений в функционировании нервной и иммунной систем у детей, проживающих на загрязненных территориях, перспективна для выявления маркеров эффекта техногенной нагрузки и разработки системы эффективной профилактики и реабилитации.

Цель исследования – изучение экспрессии CD127 на регуляторных Т-лимфоцитах периферической крови детей с вегетососудистыми нарушениями, постоянно проживающих на техногенно-нагруженной территории районного центра Иркутской области.

Материалы и методы. В рамках программы исследования было проведено обследование 236 детей в возрасте 4–10 лет. Группу наблюдения составили 189 детей из районов с высокой техногенной нагрузкой региона Центральной Сибири (Иркутская область), у которых были выявлены функциональные нарушения ВНС (G90.8; G90.9; G93.5; G48.0; F98.0; F80–F89; R51). Группа сравнения состояла из 47 условно здоровых детей. Обе группы были сопоставимы по полу и возрасту.

Исследование иммунного статуса включало анализ относительного количества следующих показателей: регуляторных Т-клеток $CD4^{hi}CD25^{hi}CD127^{(low/-)}$ Tregs, активированных Т-лимфоцитов $CD3^{hi}CD25^{hi}$. Анализ проводили методом проточной цитометрии на проточном цитометре FACSCalibur фирмы Becton Dickinson с использованием соответствующих моноклональных антител Becton Dickinson с помощью универсальной программы CellQuestPrO. Идентификация медиатора нервной системы серотонина определяли с помощью иммуноферментного анализа. Содержание IgG специфического к полютанту алюминию проведено аллергосорбентным методом. Оценка результатов проведена с использованием анализатора TECAN Sunrise.

Статистическая обработка материала проводилась с использованием пакета прикладных программ Microsoft Office Excel 2010 и Statistica 6.0. Поскольку распределение данных в исследуемых группах подчинялось закону нормального распределения, рассчитывали средние величины и ошибки средних. Статистическая достоверность различий оценивалась по непарному *t*-критерию Стьюдента. Для отклонения нулевой гипотезы (отсутствие различий) принимались уровни статистической значимости $p < 0{,}05$.

Результаты. Данные оценки вегетативного статуса у детей с нарушениями регуляции нервной системы, проживающих на территории Центральной Сибири

с высокой техногенной нагрузкой (Иркутская область), позволили установить дисбаланс показателей катехоламиновой регуляции, которые рассматриваются как индикаторные функционального состояния вегетативной нервной системы, отражающий адаптационные возможности организма [3]. Установлено, что у детей с функциональными нарушениями ВНС, проживающих на техногенно-нагруженной территории, уровень серотонина в сыворотке крови достоверно понижен в 1,5 раза (таблица), что свидетельствует об истощении системы вегетативной регуляции и верифицирует механизмы развития дисфункций ВНС. Содержание данного медиатора не выходило за пределы нормы (40–400 нг/мл).

Показатели иммунитета у детей с функциональными нарушениями вегетативной нервной системы

Показатель	Группа наблюдения, $n = 189$	Группа сравнения, $n = 47$
$CD3^{hi}CD25^{hi}$ - лимфоциты, %	$5{,}57 \pm 0{,}52^{*}$	$3{,}57 \pm 0{,}57$
$CD4^{hi}CD25^{hi}CD127^{(low/-)}$ Tregs - лимфоциты, %	$2{,}06 \pm 0{,}28^{*}$	$1{,}09 \pm 0{,}30$
Серотонин, нг/мл	$168{,}21 \pm 15{,}58^{*}$	$245{,}41 \pm 34{,}19$
IgG спец. к алюминию, усл. ед.	$0{,}257 \pm 0{,}054^{*}$	$0{,}101 \pm 0{,}041$

Примечание: * – статистически достоверное различие с группой сравнения по непарному критерию Стьюдента при $p < 0{,}05$.

У детей группы наблюдения установлено достоверное повышение уровня экспрессии Т-лимфоцитов, несущих маркер ранней активации – молекулу CD25 (в 1,6 раза), а также CD127 негативных Т-лимфоцитов по отношению к группе сравнения почти в 2 раза. При этом у 27 % обследуемых детей основной группы количество Т-регуляторных лимфоцитов Treg превышало значения нормы (0,8–1,2), достигнув уровня значимости ($p < 0{,}05$).

У детей группы наблюдения повышен уровень специфической сенсибилизации к алюминию по отношению к норме (0–0,1) и значениям группы сравнения (в 2,5 раза). При этом разница содержания IgG к алюминию между группами достигала уровня достоверности, $p < 0{,}05$ (таблица).

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют, что условия высокой техногенной (прежде всего аэрогенной) нагрузки оказывают влияние на процессы, контролирующие созревание и дифференцировку Т-клеток (CD25), что приводит к поступлению в периферическую кровь незрелых с признаками ранней активации Т-лимфоцитов, которые определяют избыточную экспрессию Т-регуляторных клеток (CD127), состояние иммунодефицита, компенсацию за счет гуморальных факторов иммунитета (IgG специфический), а также истощение экспрессии факторов катехоламиновой регуляции с формированием вегетативной дисфункции у детей.

Список литературы

1. Бабушкина Н.П., Черепанова М.В. Влияние экологических факторов на развитие детского организма. – Владивосток: Издательство ВГЭУС. – 2004. – 57 с.

2. Вельтищев Ю.Е., Фокеева В.В. Экология и здоровье детей. Химическая экопатология. – М.: НИИ педиатрии и детской хирургии, 1996. – 57 с.

3. Кушнир С.М., Антонова Л.К., Орлова З.П. Вегетативная дисфункция и вегетативная дистония. – Тверь, 2007. – 214 с.

4. Cost of disorders of the brain in Europe / P. Andlin-Sobocki, B. Jonsson, H.U. Wittchen, J. Olesen // Eur. J. Neurol. – 2005. – № 12. – P. 1–27.

5. Lydiard R.B. Increased Prevalence of Functional Gastrointestinal Disorders in Panic Disorder: Clinical and Theoretical Implications // CNS Spectr. – 2005. – Vol. 10, № 11. – P. 899–908.

6. The role of regulatory T-cells in nervous system pathologies / S.S. Duffy, B.A. Keating, Ch.J. Perera, G. Moalem-Taylor // J. Neurosci. Res. – 2018. – Vol. 96 (6). – P. 951–968.

Разработка методики одновременного определения каротиноидов (β-каротина, лютеина, зеаксантина) и витамина Е в биологически активных добавках методом высокоэффективной жидкостной хроматографии

Е.В. Андриевская, О.С. Воронцова, С.И. Войтенко, Л.Л. Белышева

РУП «Научно-практический центр гигиены»,
г. Минск, Республика Беларусь

Разработана методика одновременного определения содержания бета-каротина, лютеина, зеаксантина и витамина Е в биологически активных добавках. Метод основан на щелочном гидролизе продукта, экстракции, очистке экстрактов и одновременном количественном определении с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектором. Хроматографическое разделение осуществлялось на обращенно-фазной колонке С18 (HyperClone ODS (C18) 120 A, 250 x 4,0 мм, 5,0 мкм). В качестве подвижной фазы использовали смесь ацетонитрил: 0,06 % раствор NaOH в метаноле. Элюирование проводили в градиентном режиме. Предел количественного определения для каротиноидов составляет 0,2 мг/кг, а для витамина Е – 2,0 мг/кг.

Ключевые слова: бета-каротин, лютеин, зеаксантин, витамин Е, ВЭЖХ, биологически активные добавки.

Среди физиологически активных природных органических соединений – алкалоидов, гормонов, антибиотиков и других – витамины, включая каротиноиды (бета-каротин, лютеин, зеаксантин) и витамин Е, занимают особое место. Они находят широкое применение как пищевые добавки антиокислительного действия, используемые в здравоохранении и животноводстве.

К группе витамина Е относятся метильные производные токола и токотриенола. Существует восемь природных активных форм витамина Е: альфа-, бета-, гамма- и дельта-токоферолы, и альфа-, бета-, гамма- и дельта-токотриенолы. Наи-

более широко используемой для производства биологически активных добавок формой витамина Е является альфа-токоферол (рис. 1).

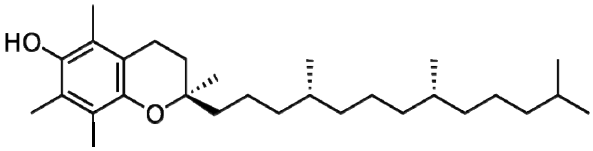


Рис. 1. Структурная формула альфа-токоферола

Рекомендуемая норма потребления человеком витамина Е составляет 12–15 МЕ/сут [4].

При комнатной температуре токоферолы представляют собой светло-желтые, прозрачные, вязкие масла. Они медленно окисляются кислородом воздуха, чувствительны к ультрафиолетовому свету. Токоферолы обладают характерным поглощением в области 292–296 нм в спирте [7].

Каротиноиды – жирорастворимые растительные пигменты желтого, оранжевого или красного цвета. По своей химической природе являются тетратерпенами с общей формулой $C_{40}H_{64}$.

На рис. 2 представлены структурные формулы зеаксантина, лютеина и бета-каротина.

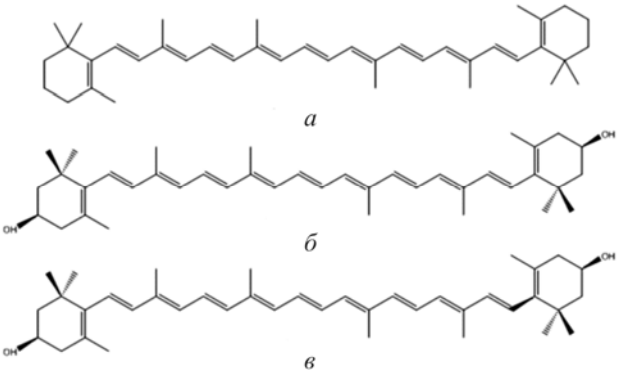


Рис. 2. Структурные формулы каротиноидов:
а – бета-каротина, *б* – зеаксантина, *в* – лютеина

На рис. 3 представлены спектры поглощения каротиноидов, в большинстве случаев характеризующиеся наличием трех максимумов поглощения или двух максимумов поглощения и плеча в интервале длин волн от 420 до 500 нм [4, 7].

Источником каротиноидов являются желтые, красные, зеленые овощи и фрукты, а также яичный желток. Каротиноиды не синтезируется в организме человека. Поступающие с пищей каротиноиды накапливаются в основном в жировой ткани. Суточная потребность в каротиноидах составляет 1–2 мг [4].

Для поддержания баланса витаминов в организме широкое применение нашли витаминизированные пищевые продукты и биологически активные добавки к пище (БАД), содержащие в своем составе те или иные витамины и витаминоподобные соединения.

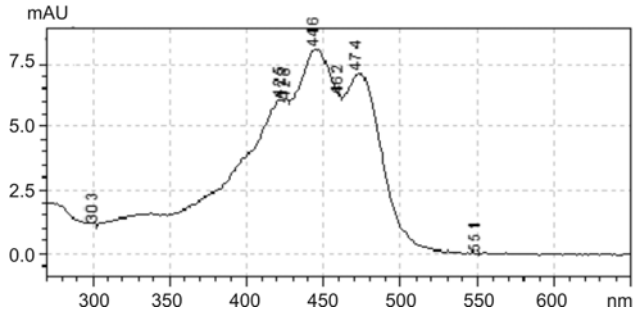


Рис. 3. Характерный спектр поглощения каротиноидов
(бета-каротина, лютеина, зеаксантина)

Для контроля содержания витаминов в БАД применяются соответствующие методы анализа. Бета-каротин определяют с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) и спектрофотометрическим методом [2, 3], витамин Е методом ВЭЖХ [6]. Анализ научно-технической литературы показал, что в настоящее время отсутствует методика для совместного определения бета-каротина, лютеина, зеаксантина и витамина Е в таких объектах как БАД [8].

Разработка и совершенствование методов определения витаминов и каротиноидов является актуальной задачей, от решения которой зависит качество и безопасность продукции. Выбор инструментального метода анализа обусловлен рядом общих правил: пределами обнаружения метода в зависимости от определяемых содержаний, требованием многоэлементности, допускаемой погрешностью, временными затратами, стоимостью анализа. Предпочтение отдается методам, требующим минимальной подготовки пробы к анализу при максимальной информативности. Таким требованиям удовлетворяет метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Цель исследования – разработка методики одновременного определения содержания витамина Е и каротиноидов (бета-каротина, лютеина, зеаксантина) в биологически активных добавках методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектором.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись стандартные растворы витамина Е и каротиноидов (бета-каротина, лютеина, зеаксантина), а также биологически активные добавки к пище различного состава.

Исследования проводились с использованием жидкостного хроматографа Agilent 1200, оснащенного диодно-матричным детектором. Для разделения сложнокомпонентных смесей применяли колонку HyperClone 5u ODS (C18) 120 A New Column, размером 250 × 4,0 мм с сорбентом, размер зерна которого равен 5 мкм. Температура колонки составляла 35 ^{o}C. В качестве подвижной фазы использовали смесь ацетонитрил: 0,06 % раствор NaOH в метаноле. Элюирование проводили в градиентном режиме. Объем вводимой пробы – 20 мкл.

Условия градиентного элюирования представлены в табл. 1.

Регистрацию сигнала каротиноидов осуществляли при длине волны 450 нм. Время выхода зеаксантина составило 7 мин, лютеина – 7,5 мин, бета-каротина – 14,5 мин. Регистрацию сигнала витамина Е осуществляли при длине волны 291 нм. Время выхода витамина Е составляла 8,4 мин.

Таблица 1

Условия градиентного элюирования аналитов, подвижная фаза – ацетонитрил: 0,06 % раствор NaOH в метаноле

Время анализа, мин	Скорость подачи подвижной фазы, $см^3$/мин	Состав подвижной фазы, %	
		А – 0,06 % раствор NaOH в метаноле	В – ацетонитрил
0–0,5	1,4	0,1	99,9
8,5	1,4	20,0	80,0
11.0–16,0	1,5	20,0	80,0
17,0	1,4	20,0	80,0
18,0	1,4	0,1	99,9

Для определения линейности метода исследованы градуировочные характеристики графиков, построенных по сериям градуировочных растворов бета-каротина, лютеина, зеаксантина с концентрацией от 0,2 до 1,5 мкг/$см^3$ и серии градуировочных растворов витамина Е с концентрацией от 2,0 до 20,0 мкг/$см^3$. Каждая серия градуировочных растворов подвергалась хроматографическому анализу трижды. По полученным результатам методом наименьших квадратов рассчитаны их характеристики. Установлено, что градуировочные графики аналитов являются линейными. Нижний предел обнаружения разработанной методики для каротиноидов составляет 0,2 мг/кг, а для витамина Е – 2,0 мг/кг.

Подготовка пробы. Известные методы подготовки проб для определения жирорастворимых витаминов и каротиноидов основаны на щелочном гидролизе продукта, экстрагировании витаминов органическим растворителем, отмывании экстракта и очистке каротиноидов от сопутствующих веществ [2, 3, 5, 6].

Одной из особенностей предлагаемого метода являются мягкие условия щелочного омыления, предотвращающие разрушение исследуемых аналитов. Для этого навеску образца массой 0,1–1 г помещали в круглодонную колбу вместимостью 250 $см^3$, добавляли 50 $см^3$ этилового спирта, вместо аскорбиновой кислоты, применяемой в известных методах [1], использовали 100 мг пирогаллола, а вместо 50 % раствора КОН использовали 1–3 г гранулированного гидроксида натрия (NaOH). При этом за счет использования сухой щелочи исключается присутствие молекул воды в реакционной среде, что сводит к минимуму разрушение витаминов Е, бета-каротина, лютеина, зеаксантина. Далее колбу быстро охлаждали под струей холодной воды и переносили содержимое в делительную воронку. Колбу ополаскивали 30 $см^3$ дистиллированной воды и сливали в ту же делительную воронку. Признаком полного омыления служило то, что при добавлении воды смесь оставалась прозрачной. Каротиноиды и витамин Е экстрагировали диэтиловым эфиром, используя последовательно 40, 25 и 25 $см^3$ диэтилового эфира. Объединенный эфирный экстракт переносили в делительную воронку и отмывали от щелочи до нейтральной реакции (проба на лакмусовую бумагу или фенолфталеин), расходуя при этом 500–700 $см^3$ дистиллированной воды. К промытому экстракту добавляли безводный сернокислый натрий и оставляли на 30–40 мин в темноте при комнатной температуре. Затем пробу фильтровали, эфир отгоняли под вакуумом на ротационном испарителе до получения сухого остатка, остаток растворяли в 25 $см^3$ этилового спирта. Полученный спиртовой раствор подвергали хроматографированию.

Результаты. В результате проведенных исследований разработаны условия инструментального анализа, обеспечивающие оптимальные разделение витамина Е и каротиноидов (бета-каротина, лютеина, зеаксантина) на хроматографической колонке, позволяющие их детектировать с высокой чувствительностью.

На рис. 4 представлена типичная хроматограмма смеси стандартных растворов бета-каротина, лютеина, зеаксантина и витамина Е.

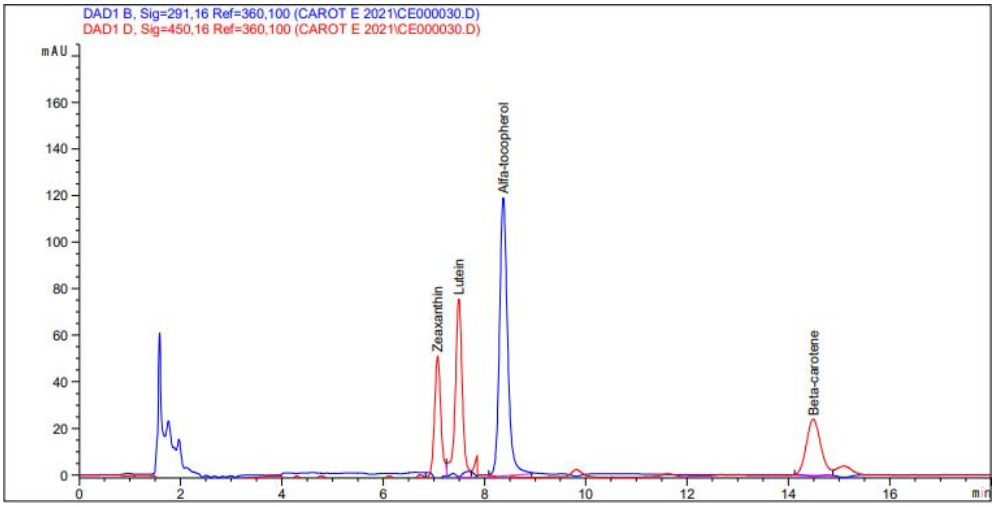


Рис. 4. Хроматограмма смеси стандартных растворов зеаксантина, лютеина, витамина Е и бета-каротина

С целью проверки применимости разработанной методики для количественного обнаружения изучаемых аналитов в многокомпонентных объектах исследовано шесть образцов БАД с различным содержанием бета-каротина, лютеина, зеаксантина, витамина Е.

В табл. 2 представлены результаты исследований образцов БАД. Полученные данные сравнивали с маркировочными значениями. Как видно из табл. 2, обнаруженное содержание бета-каротина, лютеина, зеаксантина и витамина Е незначительно отличается от маркировочных значений. Степень обнаружения колеблется в пределах 95,0–106,7 %.

Таблица 2

Результаты исследований образцов БАД на содержание бета-каротина, лютеина, зеаксантина и витамина Е

Наименование образца	Содержание каротиноидов, мг/таблетка		Степень обнаружения, %
	маркировочное значение	фактическое значение	
БАД «Витамины для глаз»			
Зеаксантин	1,0	1,0	100,0
Лютеин	5,0	5,1	102,0
Витамин Е	6,7	6,8	101,5
Бета-каротин	2,0	2,0	100,0

Окончание табл. 2

Наименование образца	Содержание каротиноидов, мг/таблетка		Степень обнаружения, %
	маркировочное значение	фактическое значение	
БАД «Витус здоровые глаза»			
Зеаксантин	1,0	1,0	100,0
Лютеин	5,0	4,9	98,0
Витамин Е	6,7	6,7	100,0
Бета-каротин	2,0	1,9	95,0
БАД «Оксилик»			
Зеаксантин	Отсутствие	–	–
Лютеин	Отсутствие	–	–
Витамин Е	36,0	36,2	100,6
Бета-каротин	2,0	2,1	105,0
БАД Vision tide plus			
Зеаксантин	Отсутствие	–	–
Лютеин	6,0	5,8	96,7
Витамин Е	6,0	5,9	98,3
Бета-каротин	Отсутствие	–	–
БАД «Лютамакс дуо»			
Зеаксантин	Отсутствие	–	–
Лютеин	10,0	10,2	102,0
Витамин Е	4,0	4,0	100,0
Бета-каротин	Отсутствие	–	–
БАД «Лютакс АМД плюс»			
Зеаксантин	0,19	0,19	100,0
Лютеин	3,0	3,2	106,7
Витамин Е	40,0	39,9	99,8
Бета-каротин	Отсутствие	–	–

Выводы. В результате проведенных исследований разработана методика определения бета-каротина, лютеина, зеаксантина и витамина Е в БАД с использованием ВЭЖХ с диодно-матричным детектированием. Метод основан на проведении щелочного гидролиза анализируемого образца, удалении растворителя и анализе сухого остатка, растворенного в этаноле. Методика пригодна для одновременной идентификации и количественного определения бета-каротина, лютеина, зеаксантина и витамина Е при контроле качества БАД. Степень извлечения аналитов в результате анализа разработанным методом составляет 95,0–106,7 %. Предел количественного определения разработанной методики для каротиноидов составляет 0,2 мг/кг, а для витамина Е – 2,0 мг/кг.

Список литературы

1. Белышева Л.Л., Воронцова О.С., Башун Т.В. Методика определения внесенного лютеина в адаптированных молочных смесях для детского питания // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: Л.В. Половинкин (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2012. – Вып. 20. – С. 240–243.

2. ГОСТ EN 12823-2-2014. Продукты пищевые. Определение содержания витамина А методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Часть 2. Измерение содержания бета-каротина / введ. 2017-07-01. – Минск, 2017. – 12 с.

3. ГОСТ ISO 6558-2-2019. Фрукты, овощи и продукты их переработки. Определение содержания каротина спектрофотометрическим методом / введ. 2020-07-01. – Минск, 2020. – 7 с.

4. МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: метод. рек. от 18.12.2008. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 36 с.

5. Писарев Д.И., Новиков О.О., Романова Т.А. Разработка экспресс-метода определения каротиноидов в сырье растительного происхождения // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Медицина. Фармация. – 2010. – № 22–2 (93), вып. 12/2. – С. 119–122.

6. СТБ 1079-97. Премиксы для сельскохозяйственных животных, птицы и рыбы: технические условия / введ. 1998-01-01. – Минск, 1998. – 38 с.

7. Экспериментальная витаминология: справ. рук. / под ред. Ю.М. Островского. – Минск: Наука и техника, 1979. – С. 18.

8. Garther C. Лютеин и зеаксантин новые перспективы для сохранения здоровья глаз // Клиническая офтальмология. – 2005. – № 1. – С. 13.

Основные результаты экспериментальной токсикологической оценки нанокомпозита пектин-серебро

В.М. Василькевич, Р.В. Богданов, В.Ю. Зиновкина

РУП «Научно-практический центр гигиены»,
г. Минск, Республика Беларусь

Изучены особенности биологического действия и осуществлена оценка токсичности синтезированного в соответствии с принципами «зеленой» химии нанокомпозита пектин-серебро для обоснования возможности его безопасного применения в качестве антимикробного компонента в медицине и ветеринарии. Представлены основные результаты экспериментальных исследований в объеме первичной токсикологической оценки нанокомпозита пектин-серебро, которые позволяют рекомендовать нанокомпозит как перспективный наноматериал для применения в медицине и ветеринарии.

Ключевые слова: нанокомпозит, наночастицы, серебро, пектин, токсичность.

В начале XX в. было синтезировано и получило использование в медицине в качестве антисептика коллоидное серебро (Ag), известное под названием колларгол (затем появились препараты полиаргол, арговит, артогель, аргоника, протаргол). Однако с началом «эры антибиотиков» использование традиционных рецептур препаратов коллоидного серебра в медицине стало ограниченным. В конце XX в. активно развиваются нанотехнологические методы синтеза наночастиц (НЧ). Все больше продуктов содержит Ag в качестве НЧ, поскольку оно обладает лучшей

бактерицидной активностью и, следовательно, может применяться в меньшем количестве. Сегодня НЧ Ag имеют наиболее широкое применение из всех известных НЧ металлов и их оксидов. Антимикробные свойства НЧ Ag позволяют их использовать не только в медицине и фармации, но и в других сферах, например, в сельском хозяйстве / ветеринарии и пищевой промышленности [3].

Благодаря своим размерам НЧ приобретают не только новые физико-химические свойства, но также могут специфически взаимодействовать с клетками и тканями человека, оказывая различные токсические эффекты. Токсикологические исследования продуктов нанотехнологического синтеза могут быть использованы в рамках оценки рисков здоровью человека для обоснования либо ограничения возможности внедрения и коммерческого использования НЧ, в том числе серебра, в различных сферах.

Объектом исследований являлся нанокомпозит пектин-Ag. Для сохранения своих физико-химических свойств НЧ Ag необходимо стабилизировать в нанодиапазоне, что достигается использованием различных стабилизирующих оболочек. Специалистами ГНУ «Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси» были синтезированы наночастицы Ag^0 в соответствии с принципами «зеленой» химии (с использованием природного компонента) путем восстановления катионов серебра в водных средах биополисахаридом пектином. Так, синтез и стабилизация НЧ Ag^0 с использованием полисахаридов придает НЧ свойства биополимера. Пектин обладает высокой адгезией к некоторым биологическим тканям организма животных и человека, а НЧ Ag^0 обладают антимикробными свойствами. Следовательно, синтезированный нанокомпозит обладает высокой биологической активностью, но не содержит токсичных химических веществ [4]. Нанокомпозит пектин-Ag планируется использовать в медицине для создания антимикробных покрытий на медицинских изделиях (стенты, стомы, дренажи, противоожоговые и ранозаживляющие повязки (сетки) и др.), а также в ветеринарии для профилактики и лечения осложнений маститов крупного рогатого скота.

Основные физико-химические характеристики нанокомпозита пектин-Ag: доля катионов серебра, которые взаимодействовали с пектином, – 97 %; концентрация наночастиц серебра в гидрозоле составила 1,45 ммоль/л, пектина – 7,5 мг/мл; средний диаметр наночастиц – 13 ± 7 нм; более 90 % частиц имеют диаметр менее 20 нм, ζ-потенциал равен 46,0 ± 6,1 мВ. ζ-потенциал является одним из важных параметров, который характеризует стабильность коллоидной системы. Коллоиды с высоким ζ-потенциалом (≥ 30 мВ по модулю) являются электрически стабилизированными, и их свойства при хранении будут оставаться неизменными длительное время. Также следует отметить, что, как и размер наночастиц, величина дзета- (ζ) -потенциала для антибактериальных композиций, содержащих наночастицы металлов, связана с проявлением бактерицидного эффекта. Сравнивая размеры наночастиц, их дзета-(ζ-)-потенциал и биоцидную активность, можно сделать вывод, что размер наночастиц дисперсных систем в большинстве случаев находится в обратной зависимости от биоцидного действия в отношении тестируемых микроорганизмов, а величина дзета-(ζ-)-потенциала может служить показателем их высокого обеззараживающего действия в антимикробных композициях.

Исследования были выполнены на лабораторных животных (нелинейные крысы, мыши) с соблюдением этических норм и требований гуманного отношения к животным.

Программа токсикологических исследований включала: определение параметров острой токсичности при внутрижелудочном, ингаляционном и внутрибрюшинном поступлении; изучение местно-раздражающего действия на кожу и слизистые оболочки глаз, кожно-резорбтивного действия; исследование кумулятивной активности в подостром эксперименте (28 суток) в дозе 500 мг/кг (внутрижелудочно) и 0,8 мл/кг (интраназально); установление пороговых уровней токсического действия в субхроническом эксперименте (3 месяца при внутрижелудочном введении доз 50, 500 и 5000 мг/кг); изучение генотоксичности в тесте на хромосомные аберрации в клетках костного мозга и селезенки согласно рекомендациям руководства ОЭСР № 475 [5].

Экспериментально было установлено, что по параметрам острой внутрижелудочной и ингаляционной токсичности нанокомпозит пектин-Ag относится к малоопасным веществам (4-й класс опасности) в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 [1], характеризуется отсутствием видовой чувствительности (коэффициент видовой чувствительности менее 3,0). По параметрам острой токсичности при внутрибрюшинном введении нанокомпозит пектин-Ag относится к 5-му классу опасности практически нетоксичных веществ по классификации К.К. Сидорова [2]. Нанокомпозит не обладает кожно-раздражающим, резорбтивным и ирритативным действиями при тестировании на животных.

Кумулятивная активность, изученная по методу Ю.С. Кагана и В.В. Станкевича по критерию «гибель», – слабая ($K_{кум}$ > 5,1). В условиях подострого эксперимента нанокомпозит при внутрижелудочном введении оказывал общетоксическое действие с преимущественным нарушением антиоксидантной системы и иммунологической реактивности организма подопытных животных. Подострое интраназальное введение нанокомпозита пектин-Ag может приводить к снижению устойчивости клеточных структур, к повреждающему действию свободных радикалов.

В субхроническом эксперименте для нанокомпозита пектин-Ag характерно дозозависимое общетоксическое действие с критическими органами-мишенями – печень и селезенка – и основными биохимическими маркерами токсического эффекта – аминотрансферазы, щелочной фосфатазы и лактатдегидрогеназы. Максимальная недействующая доза установлена на уровне 50 мг/кг. Минимальная действующая (пороговая) доза – 500 мг/кг.

При изучении цитогенентической активности с помощью стандартного метафазного метода учета аберраций хромосом без кариотипирования *in vivo* было установлено, что нанокомпозит пектин-Ag не вызывает увеличения спонтанного уровня индукции хромосомных аберраций в клетках костного мозга и селезенки аутбредных крыс.

Таким образом, физико-химические свойства (размер частиц и величина дзета-(ζ-)-потенциала) и токсикологический профиль наночастиц Ag, стабилизированных биосовместимым природным полимером пектин, позволяют рекомендовать нанокомпозит пектин-Ag в качестве перспективного антимикробного наноматериала для применения в медицине и ветеринарии. При этом необходимо отметить, что в случае использования нанокомпозита пектин-Ag в составе медицинского изделия требуются дополнительные исследования биологического действия в соответствии с рекомендациями стандарта ISO 10993 и оценка полученных результатов экспертами регулирующего органа.

Список литературы

1. ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности / утв. и введ. в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 10.03.76 № 579 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https: //docs.cntd.ru/document/5200233 (дата обращения: 20.02.2022).

2. Измеров Н.Ф., Саноцкий И.В., Сидоров К.К. Параметры токсикометрии промышленных ядов при однократном воздействии: справочник. – М.: Медицина, 1977. – 240 с.

3 Федоров В.Е., Самойлов П.П. Наноматерилы в потребительских продуктах (получение, применение, токсикология, экология). – Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2018. – Серия «Экология». – Выпуск 107. – 78 с.

4. Green synthesis of silver nanoparticles mediated by Pulicaria glutinosa extract / M. Khan, M. Khan, S.F. Adil [et al.] // Int. J. Nanomedicine. – 2013. – Vol. 8. – P. 1507–1516. DOI: 10.2147/IJN.S43309

5. OECD guideline for the testing of chemicals. Mammalian Bone Marrow Chromosome Aberration Test (TG 475. Adopted: 21st July 1997) [Электронный ресурс] // OECD/OCDE. – URL: https://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-assessment/1948450.pdf (дата обращения: 24.02.2022).

Риск ухудшения здоровья при ингаляционном воздействии инсектицидного средства на основе трансфлутрина

А.И. Виноградова, М.В. Бидевкина, М.В. Матросенко

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора,
г. Мытищи, Россия

Трансфлутрин (CAS № 118712-89-3) является одним из действующих веществ инсектицидных средств из группы высоколетучих пиретроидов. В медицинской дезинсекции трансфлутрин рекомендован для борьбы с летающими кровососущими насекомыми, мухами и молью, часто представлен в жидкой форме и в виде пластин для электрофумигаторов (ЭФ). С целью выявления риска нарушения состояния организма при ингаляционном воздействии инсектицидного средства на основе трансфлутрина в виде жидкости в комплекте с ЭФ проведена серия экспериментов на белых крысах. Изучено однократное ингаляционное воздействие. Для этого животных помещали в камеры (объемом 0,5 $м^3$) с включенным ЭФ, который работал на протяжении от 40 до 1160 мин. Во время хронического ингаляционного воздействия животных с момента рождения помещали в камеры с включенным ЭФ, который работал от 6 до 1440 (круглосуточно) мин в сутки на протяжении 5 месяцев. При однократном ингаляционном воздействии выявлено нарушение функционального состояния нервной

системы, при хроническом – изменение функционального состояния нервной системы, печени и повышение количества эозинофилов.

Ключевые слова: трансфлутрин, токсичность, печень, нервная система, электрофумигатор, белые крысы.

Трансфлутрин (CAS № 118712-89-3) является одним из действующих веществ инсектицидных средств из группы высоколетучих пиретроидов. По параметрам острой токсичности при введении в желудок мышей относится к умеренно опасным веществам (DL_{50} находится в диапазоне 583–688 мг/кг в зависимости от пола животных), при нанесении на кожу крыс – к малоопасным (DL_{50} более 5000 мг/кг) в соответствии с ГОСТ 12.1.007. Подострую ингаляционную опасность трансфлутрина изучали на крысах в течение 4 недель (по 6 ч в день; 5 дней в неделю) в концентрациях 5,5, 36,6 и 168,1 мг/м^3 в виде аэрозоля. Концентрация 168,1 мг/м^3 оказалась действующей, 36,6 мг/м^3 – пороговой [7].

При изучении ингаляционного воздействия жидкости для ЭФ с содержанием трансфлутрина 0,88 % (экспозиция 8 ч в день) на белых крысах выявлены изменения в трахее и печени на 8-й день, в легких – на 15-й день, в почках и головном мозге – на 22-й день исследования [6]. Воздействие дыма от пропитанной 0,45%-ным трансфлутрином инсектицидной бумаги на протяжении 28 дней вызывало повышение активности АЛТ, АСТ и ЩФ в сыворотке крови крыс, а также увеличивало содержание малонового диальдегида, накопление которого отражает уровень оксидативного стресса [2]. Субхроническое ингаляционное воздействие трансфлутрина стимулировало у крыс повышение TNF-α (туморнекротизирующий фактор альфа, или кахектин), пенистых клеток [5], тенденцию к увеличению экспрессии ER-α (эстрогеновый рецептор альфа) [2], а также влияло на репродуктивную функцию самцов крыс [3].

В медицинской дезинсекции трансфлутрин рекомендован для борьбы с летающими кровососущими насекомыми, мухами и молью, часто представлен в жидкой форме и в виде пластин для электрофумигаторов (ЭФ), также выпускается как противомоскитная спираль, реже можно встретить в аэрозольной упаковке из-за короткого остаточного действия на обработанных поверхностях.

В ранее проведенных исследованиях по оценке безопасности бытовых инсектицидных ЭФ средств, установлены концентрации трансфлутрина в воздухе обрабатываемого помещения, которые составляли 0,0282 и 0,0428 мг/м^3 спустя 4 и 8 ч работы ЭФ соответственно [1].

С **целью** выявления риска нарушения состояния организма при ингаляционном воздействии инсектицидного средства на основе трансфлутрина в виде жидкости в комплекте с ЭФ проведена серия экспериментов на белых беспородных крысах.

Материалы и методы. Изучено инсектицидное электрофумигирующее средство в виде жидкости на основе трансфлутрина в концентрации 0,9–1,0 %.

Однократное ингаляционное воздействие проведено на 56 беспородных половозрелых белых крысах с массой тела 280–285 г. Животных помещали в камеры (объемом 0,5 м^3) с включенным ЭФ, который работал на протяжении 40, 80, 200, 400, 800 и 1160 мин.

Хроническое ингаляционное воздействие проведено на 80 беспородных белых крысах. Животных с момента рождения помещали в камеры (объемом 0,5 м^3) с включенным ЭФ, который работал по 6, 60, 300 и 1440 (круглосуточно) мин в сутки на протяжении 5 месяцев.

Обследование животных проводили сразу после острого воздействия; при хроническом исследовании спустя 1,5; 3 и 5 месяцев. У животных измеряли массу тела, частоту дыхания (показатель раздражающего действия на верхние дыхательные пути), исследовали функциональное состояние нервной системы по изменению суммационно-порогового показателя (СПП) и поведенческим реакциям, в сыворотке крови определяли активность аланинамино-, аспартатаминотрансфераз (АЛТ, АСТ), щелочной фосфатазы, холинэстеразы (ХЭ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), содержание глюкозы, общего белка и альбуминов, регистрировали периферический состав крови. Биохимический анализ крови выполняли на автоматическом биохимическом фотометре Chem Well (Австрия), общий анализ крови – на гематологическом анализаторе Heska Element HT5 (США). После окончания хронического воздействия у экспериментальных животных проводили макроскопическое патоморфологическое исследование внутренних органов, измеряли их коэффициенты масс.

Исследования проведены в соответствии с Директивой 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского Союза от 22 сентября 2010 г. по охране животных, используемых в научных целях.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программного пакета Statistica-6 компании (StatSoft Inc., США). Статистическую значимость сравниваемых показателей устанавливали с использованием *t*-критерия Стьюдента при уровне значимости 5 % ($p < 0,05$).

Результаты. *Острое ингаляционное воздействие.* После экспозиции ЭФ в течение 1160, 800 и 400 мин у крыс выявлено нарушение функции нервной системы по изменению поведенческих реакций. Кроме того, при воздействии средства на протяжении 800 мин обнаружено повышение глюкозы в сыворотке крови. Экспозиция средства на протяжении 40–200 мин не вызывала каких-либо изменений регистрируемых показателей у подопытных животных.

Таким образом, при однократном ингаляционном воздействии ЭФ средства в виде жидкости на трансфлутрине проявляется токсический эффект, характеризующийся изменением функционального состояния нервной системы.

Хроническое ингаляционное воздействие. Спустя 1,5 месяца от начала исследования проведено первое обследование животных, в ходе которого установлено, что ингаляционное воздействие средства на протяжении 1440 мин в сутки оказывало влияние на функцию печени и почек, о чем свидетельствует снижение активности ХЭ (опыт: 964,1 ± 46,1 Е/л; контроль: 1218,6 ± 84,4 Е/л; $p < 0,05$) и повышение уровня креатинина в крови (опыт: 54,0 ± 2,4 мкмоль/л; контроль: 39,8 ± 4,3 мкмоль/л; $p < 0,05$), также при анализе состояния периферической крови отмечено увеличение количества эозинофилов (опыт: 4,0 ± 0,3 %; контроль: 2,1 ± 0,1 %; $p < 0,05$). В группе животных с экспозицией 60 мин в сутки при биохимическом исследовании сыворотки крови отмечено единичное увеличение активности ЛДГ.

По истечении 3 месяцев в группе животных, подвергавшихся круглосуточному ингаляционному воздействию, отмечены нарушения двигательной активности крыс: так, в тесте «ТКСО» зафиксировано увеличение количества выглядываний. При экспозиции инсектицида на протяжении 300 мин в сутки у животных также наблюдали изменения поведенческих реакций, в тесте «Открытое поле» отмечено снижение вертикальной двигательной активности крыс. Биохимическое исследование сыворотки крови показало повышение уровня глюкозы (опыт: 3,8 ± 0,2 мМ/л;

контроль: 3,2 ± 0,14 мМ/л; $p < 0,05$). После обследования группы животных, подвергавшихся ингаляционному воздействию средства на протяжении 60 мин в сутки, выявлены изменения двигательной активности в обоих тестах, а также снижение уровня креатинина в крови (опыт: 42,3 ± 4,1 мкмоль/л; контроль: 56,9 ± 4,0 Мкмоль/л; $p < 0,02$). Увеличение количества эозинофилов спустя 3 месяца эксперимента отмечено в группах с экспозицией средства от 60 до 1440 мин в сутки (опыт 1440 мин/сут: 8,05 ± 0,5 %; $p < 0,001$; опыт 300 мин/сут: 5,9 ± 0,9 %; $p < 0,01$; опыт 60 мин/сут: 5,47 ± 0,62; $p < 0,001$; контроль: 2,7 ± 0,2 %).

В конце исследования обследование крыс в группах с экспозицией 1440 и 300 мин в сутки установило влияние трансфлутрина на функциональное состояние нервной системы, печени, почек и периферический состав крови: так, зарегистрировано снижение СПП, изменение двигательной активности в тестах «Открытое поле» и «ТКСО»; при биохимическом исследовании сыворотки крови отмечено повышение активности АСТ (опыт 1440 мин/сут: 143,6 ± 4,1 Е/л; опыт 300 мин/сут: 142,6 ± 4,3 Е/л; контроль: 129,8 ± 3,9 Е/л; $p < 0,05$), уровня глюкозы (опыт 1440 мин/сут: 3,7 ± 0,2 мМ/л; опыт 300 мин/сут: 3,5 ± 0,2 мМ/л; контроль: 2,9 ± 0,1 мМ/л; $p < 0,05$) и общего белка (опыт 300 мин/сут: 81,1 ± 1,8 г/л; контроль: 75,1 ± 2,0 г/л; $p < 0,05$). В группе крыс, подвергавшихся ингаляции в течение 60 мин в сутки, зафиксированы изменения поведенческих реакций и снижение уровня креатинина в крови (опыт: 48,6 ± 2,4 мкмоль/л; контроль: 72,6 ± 5,4 мкмоль/л; $p < 0,001$). При анализе периферической крови отмечена эозинофилия в группах с экспозицией средства от 60 до 1440 мин в сутки (опыт 1440 мин/сут: 7,1 ± 0,5 %; опыт 300 мин/сут: 5,4 ± 0,5 %; опыт 60 мин/сут: 7,03 ± 0,8 %; контроль: 2,3 ± 0,2 %; $p < 0,001$).

На протяжении всего эксперимента видимых клинических признаков отравления у животных не отмечали, прирост массы тела в опытных группах соответствовал контролю, частота дыхания крыс не изменялась. Макроскопическое патолого-анатомическое исследование внутренних органов опытных крыс не выявило каких-либо отличий от контроля. Массовые коэффициенты печени, почек, селезенки, легких, сердца и тимуса экспериментальных животных при действии всех испытанных концентраций не изменялись.

Таким образом, при хроническом ингаляционном воздействии трансфлутрин вызывает изменение функционального состояния нервной системы, печени, а также повышение количества эозинофилов.

Выводы. Проведенные исследования показали, что средства для ЭФ на основе трансфлутрина могут вызывать нарушение важнейших органов и систем организма: нервной системы и печени, оказывать сенсибилизирующее действие. Изменение функции нервной системы выявлено при однократной работе ЭФ в течение 7 ч. На основании этого можно заключить, что эпизодическое применение инсектицидных средств в комплекте с ЭФ безопасно для взрослых людей. Ежедневное воздействие трансфлутрина выявило нарушение функции нервной системы, печени, а также развитие неспецифической сенсибилизации у неполовозрелых животных. Таким образом, длительное применение инсектицидных средств особенно в присутствии детей повышает риск ухудшения здоровья.

Список литературы

1. Оценка безопасности бытовых инсектицидных электрофумигирующих средств на основе трансфлутрина и праллетрина / Н.И. Прохоров, Т.М. Ходыкина,

А.И. Виноградова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, №. 4. – С. 374–379. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-4-374-379

2. Effect of transfluthrin-impregnated insecticide paper on some biochemical parameters and lung histopathology in rats / I.U. Muhammad, A.J. Alhassan, A.A. Imam [et al.] // Saudi J. Pathol. Microbiol. – 2017. – Vol. 2, № 3. – P. 78–82. DOI: 10.21276/sjpm.2017.2.3.7

3. Infertility: A product of smoke emanating from Transfluthrin coated insecticide paper (TCIP) / D.A. Oyeniran, A.O. Ojewale, P.I. Jewo [et al.] // Toxicology Research and Application. – 2021. – Vol. 5. – P. 1–7. DOI: 10.1177/23978473211025467

4. Kartikasari N.T., Arsana P.M., Soeatmadji D.W. Expression of Testicular Estrogen Receptor Alpha in Rats Exposed to Subchronic Inhalation Exposure of Transfluthrin // Clinical and Research Journal in Internal Medicine. – 2020. – Vol. 1, № 1. – P. 19–24. DOI: 10.21776/ub.crjim.2020.001.01.3

5. Prameswari A., Soeatmadji D.W. GW29-e1172 TNF-α, Foam Cells and Abdominal Aortic Wall Thickness in Rats with Subchronical Inhalation Exposure of Transfluthrin // J. Am. Coll. Cardiol. – 2018. – Vol. 72, № 16 (S). – P. C35.

6. Toxicological Evaluation of Inhalational Transfluthrin Insecticide Using Experimental Animal Model / H. Mahato [et al.] // Indian J. Pharmacol. – 2014. – Vol. 46, № 7. – P. 59–60.

7. WHO Specifications and Evaluations for Public Health Pesticides. Transfluthrin. – Geneva: WHO, 2002. – 13 p.

Методические подходы к определению концентраций токсичных элементов в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию, контактирующую с биоразлагаемой упаковкой

И.В. Дребенкова, А.А. Кузовкова

РУП «Научно-практический центр гигиены»,
г. Минск, Республика Беларусь

Разработаны методические подходы к определению микроконцентраций свинца (Pb), цинка (Zn), мышьяка (As), хрома (Cr), кадмия (Cd), титана (Ti), алюминия (Al), бария (Ba), меди (Cu), железа (Fe), олова (Sn), никеля (Ni), молибдена (Mo), селена (Se) в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию, контактирующую с биоразлагаемой упаковкой, на основе атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП). Исследования проведены с использованием атомно-эмиссионного спектрометра, оснащенного двумя типами распылителя – пневматическим и ультразвуковым. Предметом исследования являлись пределы обнаружения и пределы определения вышеуказанных элементов в водных средах (дистиллированная и деионизованная вода), а также в модельных средах на основе органических кислот (3%-ная молочная кислота; 3%-ная уксусная кислота; 2%-ная лимонная кислота). Показана целесообразность использования атомно-эмиссионного спектрометра с ультразвуковым распылителем

для существенного снижения пределов обнаружения и определения практически всех исследованных химических элементов в водных и модельных средах, за исключением кадмия и мышьяка.

Ключевые слова: токсичные элементы, модельные среды, биоразлагаемая упаковка, АЭС-ИСП.

В настоящее время широкое использование в быту изделий из полимерных материалов, в частности упаковки, привело к серьезной экологической проблеме, связанной с загрязнением окружающей среды полимерными отходами. Общеизвестно, что такие полимеры, как полиэтилен, полипропилен, полистирол, способны в течение десятков лет в неизменном состоянии оставаться в окружающей среде или разрушаться до микро- и нанопластиков, попадая в пищевые цепочки. Присутствие в полимерных материалах химических процессинговых и защитных добавок, токсичных для живых организмов, заставляет разрабатывать новые безопасные упаковочные материалы, подлежащие биодеградации [1].

Современная биоразлагаемая упаковка производится с применением природных полимеров (например, кукурузного крахмала полилактидов). Из-за использования загрязненного сырья и катализаторов синтеза на основе тяжелых металлов биоразлагаемые материалы могут содержать токсичные элементы.

Согласно международным стандартам при оценке безопасности биоразлагаемой упаковки обязательным этапом является определение в ней содержания тяжелых металлов, а также установление уровней их миграции в модельные среды, имитирующие пищевые продукты. В настоящее время в Техническом регламенте Таможенного Союза ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки», который действует на территории стран Евразийского экономического союза, нет никаких упоминаний о биоразлагаемой упаковке, и, соответственно, в перечне стандартов к этому регламенту нет методов оценки ее безопасности [2].

Таким образом, очевидна актуальность разработки метода измерений, позволяющего определять уровни миграции токсичных химических элементов из биоразлагаемой упаковки в модельные среды, имитирующие пищевую продукцию.

Цель исследования – разработка методических подходов к определению концентраций токсичных микроэлементов в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию, контактирующую с биоразлагаемой упаковкой, на основе атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП).

В разрабатываемый способ включены токсичные элементы, потенциально способные мигрировать из упаковки в пищевые продукты: свинец (Pb), цинк (Zn), мышьяк (As), хром (Cr), кадмий (Cd), титан (Ti), алюминий (Al), барий (Ba), медь (Cu), железо (Fe), олово (Sn), никель (Ni), молибден (Mo), селен (Se).

Исследования проводили с использованием атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой Ultima-2 Horiba JY (производства Horiba Yobin Ivon, Франция), оснащенного двумя типами распылителя – пневматическим и ультразвуковым[1]. Концентрации токсичных химических элементов в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию, контактирующую с биоразлагаемой упаковкой, определяли при следующих длинах волн детекции: Pb – 220,353 нм, Zn – 213,856 нм, As – 189,042 нм, Cr – 267,716 нм, Cd – 214,438 нм, Ti – 334,941 нм, Al – 396,152 нм, Ba – 233,527 нм, Cu – 324,754 нм, Fe – 259,940 нм, Sn – 189,930 нм, Ni – 221,647 нм, Mo – 202,030 нм, Se – 196,026 нм.

[1] Спектрометр ULTIMA-2: руководство пользователя (инструкция по эксплуатации).

Объектами исследования были водные модельные среды (холостые пробы): 1) пробы дистиллированной воды; 2) пробы деионизованной воды и модельные среды на основе органических кислот (холостые пробы): 1) пробы 3%-ной молочной кислоты; 2) пробы 3%-ной уксусной кислоты; 3) пробы 2%-ной лимонной кислоты.

Предметом исследования являлись пределы обнаружения и пределы определения свинца (Pb), цинка (Zn), мышьяка (As), хрома (Cr), кадмия (Cd), титана (Ti), алюминия (Al), бария (Ba), меди (Cu), железа (Fe), олова (Sn), никеля (Ni), молибдена (Mo), селена (Se) в водных модельных средах и модельных средах на основе органических кислот, полученные с использованием атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой Ultima-2 Horiba JY.

Методом АЭС-ИСП проведена оценка пределов обнаружения и определения токсичных микроэлементов в двух водных средах и трех модельных средах на основе растворов органических кислот, имитирующих пищевые продукты, контактирующие с биоразлагаемой упаковкой.

За предел обнаружения принимали 3 S_o (стандартное квадратичное отклонение), за предел определения – 10 S_o. Предел определения аналита, полученный с использованием установленных условий анализа, является чувствительностью методики.

Анализ результатов исследования пределов обнаружения и определения токсичных микроэлементов в модельных средах на основе водных растворов показал, что использование ультразвукового распылителя, по сравнению с пневматическим, позволяет снизить пределы обнаружения и определения (соответственно повысить чувствительность) элементов как минимум в 1,2 раза (например, для Ti в дистиллированной воде). Пределы определения в водной модельной пробе с применением ультразвука для Fe были снижены в 10 раз, для Se – в 13 раз (в дистиллированной воде) и 17 раз (в деионизованной воде), для Al – в 24 раза (в деионизованной воде), для Cr – в 50 раз (в дистиллированной воде). Однако улучшение чувствительности при использовании ультразвукового распылителя для некоторых элементов, например для Cd, было незначительно – всего в 1,4–4,2 раза.

Использование деионизованной воды вместо дистиллированной не всегда приводило к повышению чувствительности методики: например, пределы определения для Cd, Pb, Ti, Fe, Al в деионизованной воде при использовании пневматического распылителя выше, чем в дистиллированной. При этом одновременное применение ультразвукового распылителя и деионизованной воды в качестве модельной среды способствовало повышению чувствительности методики для большинства исследованных элементов, за исключением As, Cr, Ba, Sn, Fe.

В результате проведенных исследований установлено, что применение ультразвукового распылителя для превращения пробы в аэрозоль и деионизованной воды в качестве модельной среды является действенным методическим подходом к повышению чувствительности методики определения концентраций токсичных элементов (понижению предела их определения) в водных модельных средах с использованием АЭС-ИСП.

Анализ результатов оценки пределов обнаружения и определения токсичных микроэлементов в модельных средах на основе растворов органических кислот показал, что использование ультразвукового распылителя, по сравнению с пневматическим, позволяет снизить пределы обнаружения и определения (соответственно повысить чувствительность) элементов в 3%-ной молочной кислоте в 1,4–3,9 раза для Se, Ti, Sn, Ba, Zn, Fe, Mo. Пределы определения в 3%-ной молочной кислоте с применением ультразвука были понижены для Ni в 6,1 раза, для Cu – в 8,4 раза, для

Al – в 16,3 раза, для Pb – в 35 раз. Однако использование ультразвукового распылителя для некоторых элементов не привело к улучшению чувствительности методики. Так, пределы определения Cd и Cr находятся на одном уровне при использовании распылителей обоих типов, а As повышается при применении ультразвукового распыления.

При установлении пределов обнаружения и определения токсичных элементов в 3%-ной уксусной кислоте показано, что использование АЭС-ИСП с ультразвуковым распылителем вместо пневматического позволяет достичь снижения этих пределов (соответственно повышения чувствительности) элементов в данной модельной среде в 2–4,3 раза для Cu, Cd, Pb, Cr, Fe, Ni, Ti, Ba. Для таких элементов, как Se, пределы определения в 3%-ной уксусной кислоте с применением ультразвука были понижены в 5,8 раза, для As – в 7,4 раза, для Mo – в 14,4 раза, для Sn – в 16,2 раза. Максимальный эффект повышения чувствительности методики в 38,6 раза от применения ультразвука выявлен для Al. Однако для Zn чувствительность методики оставалась на том же уровне.

При проведении оценки пределов обнаружения и определения токсичных микроэлементов в 2%-ной лимонной кислоте установлено, что оснащение АЭС-ИСП ультразвуковым распылителем вместо пневматического позволяет достичь снижения этих пределов (соответственно повышения чувствительности) элементов в данной модельной среде в 1,4–4,3 раза для Mo, Pb, Cu, Ti, Ni, Se, Ba, Cr, Zn. Наиболее эффективно применение ультразвукового распылителя для таких элементов, как Fe, пределы определения которого в 2%-ной лимонной кислоте были понижены в 43,8 раза, для Al – в 73,3 раза. Использование ультразвукового распыления в 2%-ной лимонной кислоте так же, как и в 3%-ной молочной кислоте, не привело к улучшению чувствительности методики при установлении пределов определения Cd и As.

Таким образом, использование ультразвукового распылителя позволяет существенно снизить пределы обнаружения и определения практически всех исследованных химических элементов (свинца, цинка, хрома, титана, алюминия, бария, меди, железа, олова, никеля, молибдена, селена) в водных и модельных средах на основе органических кислот, используемых при оценке безопасности упаковки для пищевых продуктов, за исключением пределов обнаружения и определения кадмия и мышьяка.

Разработка метода измерений, позволяющего определять уровни миграции токсичных химических элементов из биоразлагаемой упаковки в модельные среды, имитирующие пищевую продукцию, проводится в рамках задания 04.06 «Разработать и научно обосновать метод гигиенической оценки упаковки и материалов, контактирующих с пищевой продукцией, включая биоразлагаемые» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг».

Список литературы

1. Токсичные добавки в пластике и многооборотная экономика [Электронный ресурс] // IPEN. – URL: https://ipen.org/sites/default/files/documents/plastics_and_additives_-_v1-o-ru.pdf (дата обращения: 28.02.2022).

2. ТР ТС 005/2011. О безопасности упаковки / утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 16 августа 2011 года № 769 (с изменениями на 18 октября 2016 года) [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902299529 (дата обращения: 28.02.2022).

Потенциал применения экспериментальных моделей патологии животных при оценке биологических эффектов химических веществ с целью их гигиенической регламентации

Е.В. Дроздова, В.А. Грынчак

РУП «Научно-практический центр гигиены»,
г. Минск, Республика Беларусь

Результаты эксперимента по изучению биологического действия модельных химических показателей (бария и минерализации) при различных уровнях экспозиции на экспериментальных моделях патологии (спонтанной артериальной гипертензии и экспериментально индуцированной гентамицином нефропатии) в сравнении с исследованиями на здоровых животных позволили подтвердить рабочую гипотезу о большей восприимчивости и чувствительности моделей патологии к токсическому действию химических веществ (с учетом мишеней их биологического действия) в сравнении с классической моделью. Это позволило обосновать рекомендации по целесообразности применения экспериментальных моделей патологии животных при оценке биологических эффектов химических веществ природного генеза с целью повышения надежности их гигиенической регламентации с учетом чувствительных групп населения.

Ключевые слова: экспериментальные модели патологии, нефропатия, животные со спонтанной гипертензией, оценка рисков, чувствительные группы населения, методические подходы, барий, минерализация.

В настоящее время обретает актуальность вопрос внедрения методологических подходов, позволяющих повысить надежность гигиенического нормирования химического фактора в различных средах и оценок риска здоровью в связи с его воздействием [5, 8, 10, 11, 13, 15]. Особым аспектом, требующим внимания, является нормирование химических веществ, органами-мишенями биологического действия которых являются органы и системы, патология которых широко распространена в популяции, а эти вещества, в свою очередь, широко распространены в природе. На основании проведенного анализа литературных данных нами проанализированы так называемые экспериментальные модели патологии. Такие модели широко и давно применяются для оценки фармсвойств лекарственных препаратов, однако при токсикологической оценке химических веществ с целью их регламентации они не использовались [1, 3]. В отдельных публикациях есть указания на проведение исследований при изучении влияния некоторых видов пищевых продуктов на развитие патологии [4, 12], а также для оценки малых доз загрязнителей атмосферного воздуха, этанола (например, модели артериальной гипертензии) [15]. Однако методология системного использования моделей патологии при оценке рисков здоровью и обосновании гигиенических нормативов химических веществ в объектах среды обитания отсутствует [2].

Цель исследования – апробировать применение экспериментальных моделей патологии животных при оценке биологических эффектов химических веществ природного генеза с целью их гигиенической регламентации.

Материалы и методы. Исследование выполнено в рамках гранта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований № М20-071 «Экспериментальные модели патологии в оценке рисков воздействия химических факторов на здоровье чувствительных групп населения».

Исследования для апробации экспериментальной модели гентамициновой нефропатии и спонтанной артериальной гипертензии в рамках настоящего исследования проводили на примере растворов с различными уровнями бария и минерализации в хроническом эксперименте. Модельными веществами были барий и общая минерализация, поскольку они широко представлены в природной воде на территории республики, органами-мишенями для модельных веществ являются почки (выделительная система) и сердечно-сосудистая система, что экспериментально доказано и учитывалось при обосновании нормативов, заболевания органов-мишеней имеют высокую распространенность в популяции [2].

В экспериментах использовали самцов рандомбредных белых крыс из вивария государственного предприятия «НПЦГ» и крыс линии SHR из вивария ГНУ «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси» после двухнедельного карантинного содержания.

Исследуемые концентрации бария (1,3 и 70 мг/л) готовили путем разведения порошка 2-водного бария хлорида производства ЗАО «ВЕКТОН», Россия (ГОСТ 4108-72) с дистиллированной водой в необходимых пропорциях. Для получения нужных концентраций минерализации (1500 и 10 000 мг/л) использовали минеральную добавку «Северянка» (ООО «Эко-Проект», Россия). В эксперименте применялись растворы бария в концентрациях и минерализации (учитывались опорные эффекты и токсикометрические параметры (концентрации, потенциально оказывающие и не оказывающие биологического действия на организм лабораторных животных)) [9, 14, 16].

Для оценки воздействия и обоснования модели сформировали 5 групп по 10 самцов белых крыс в каждой. Контрольная группа получала воду в свободном питьевом режиме в неограниченном количестве. Остальные четыре группы – растворы бария и минерализации в соответствующих концентрациях.

Для апробации модели артериальной гипертензии были сформированы три группы по 10 самцов крыс линии SHR (крысы со спонтанной гипертензией), у которых было установлено стойкое повышение артериального давления.

Модели патологии – нефропатии – формировались путем внутрибрюшинного введения лабораторным животным (5 групп по 10 крыс в каждой) гентамицина в течение 10 дней в дозе 70 мг/кг/день. После развития нефропатии одна группа (контроль) получала воду в неограниченном количестве, а остальные четыре (экспериментальные) – воду с соответствующим содержанием модельных веществ в свободном питьевом режиме.

На протяжении всего 6-месячного хронического эксперимента каждую неделю животных взвешивали и ежедневно оценивали уровень водопотребления, клинические проявления интоксикации и гибель. До начала и по окончании эксперимента крысам измеряли систолическое и диастолическое артериальное давление, частоту сердечных сокращений.

При аутопсии после одномоментной декапитации белых крыс определены относительные коэффициенты массы внутренних органов. Для изучения морфофункционального состояния организма экспериментальных животных оценивали:

биохимические показатели сыворотки крови, морфофункциональный состав периферической крови, морфологическое строение внутренних органов. Обращение с лабораторными животными соответствовало этическим принципам надлежащей лабораторной практики.

Полученные в опытах данные подвергали статистической обработке общепринятыми методами. Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез был принят $p < 0,05$.

Результаты. Статистически значимые функциональные изменения у животных контрольной группы относительно белых крыс, не получавших гентамицин (контроль), свидетельствовали о развитии хронической нефропатии (в том числе изменение биохимического анализа крови и мочи).

По окончании эксперимента установлены статистически значимые нарушения работы ряда систем и органов у лабораторных животных. В том числе хроническое употребление крысами воды с содержанием бария 70 мг/л способствовало повышению систолического и диастолического артериального давления для всех моделей, наиболее выраженное у животных линии SHR – в среднем на 30 мм рт. ст., а также отмечены признаки протеинурии, более выраженные при воздействии на животных с нефропатией. У линии SHR, в отличие от других животных, при воздействии бария в концентрации 70 мг/л в моче выявлены статистически значимые нарушения минерального обмена и азотсодержащих продуктов белкового обмена. Морфологические и гистологические исследования органов подтверждали выявленные закономерности.

В целом результаты экспериментальной апробации в хроническом 6-месячном опыте подтвердили сформулированную гипотезу о предполагаемой достоверно более выраженной токсичности модельных веществ для экспериментальных моделей патологии по сравнению с традиционными моделями. Воздействие веществ в «заведомо действующих концентрациях» приводило к морфофункциональным нарушениям мочевыделительной, сердечно-сосудистой и гепатобилиарной систем. Токсические эффекты бария при 70 мг/л проявились нарушением белкового обмена, дистрофическими изменениями эпителия проксимальных канальцев почек, повышением артериального давления, морфологическими изменениями сердца с увеличением его массы. Выпаивание животных водой с минерализацией 10 г/л приводило к нарушению минерального и белкового обменов, развитию слабо выраженных признаков повреждения почек, сердца и печени. При этом содержание бария в воде 1,3 мг/л и минерализация 1500 мг/л при 6-месячной экспозиции могут быть приняты в качестве недействующих.

Выводы. Предложены методические подходы для повышения надежности гигиенической регламентации химических веществ, широко распространенных в среде вследствие местных природных особенностей, с учетом чувствительных групп населения (болеющие хроническими неинфекционными заболеваниями, принимающие длительно определенные группы лекарственных препаратов).

Использование экспериментальных моделей врожденной и индуцированной патологии животных с учетом органов-мишеней токсического действия химических веществ может быть рекомендовано при гигиенической регламентации на этапе изучения дозозависимых реакций (определение недействующих и / или пороговых уровней экспозиции) в дополнение к классическим исследованиям на «здоровых» животных. Полученные в таких экспериментах данные

позволят усилить доказательную базу при актуализации гигиенических нормативов химических веществ в средах с учетом региональных особенностей в сторону их «смягчения».

Список литературы

1. Динамика артериального давления и количественных показателей эритроцитов у крыс SHR в ранние сроки формирования артериальной гипертензии / М.Б. Плотников, О.И. Алиев, А.М. Анищенко [и др.] // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2015. – Т. 101, № 7. – С. 822–828.

2. Дроздова Е.В., Грынчак В.А., Рябцева С.Н. Разработка экспериментальной модели хронической гентамициновой нефропатии для оценки рисков здоровью при воздействии химических веществ (на примере бария и общей минерализации) // Здоровье и окружающая среда: сборник научных трудов. – Минск: Изд. центр БГУ, 2021. – Вып. 31. – С. 3–13.

3. Журавлев Д.А. Модели артериальной гипертензии. Спонтанно-гипертензивные крысы // Артериальная гипертензия. – 2009. – Т. 15, № 6. – С. 721–723. DOI: 10.18705/1607-419X-2009-15-6-721-723

4. Применение животных со спонтанной гипертензией для моделирования метаболического синдрома / М.А. Ковалева, М.Н. Макарова, А.И. Селенева, В.Г. Макаров // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2012. – Т. 10, № 4. – С. 91–94.

5. Шур П.З., Хасанова А.А. Аналитический обзор подходов к обеспечению безопасности при обосновании гигиенических нормативов содержания химических веществ в атмосферном воздухе // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 2. – С. 156–167. DOI: 10.21668/health.risk/2021.2.15

6. Abdel-Rahman A.A. Alcohol abolishes the hypotensive effect of clonidine in spontaneously hypertensive rats // Hypertension. – 1994. – Vol. 24, № 6. – P. 802–807. DOI: 10.1161/01.hyp.24.6.802

7. Acrolein inhalation alters arterial blood gases and triggers carotid body-mediated cardiovascular responses in hypertensive rats / C.M. Perez, M.S. Hazari, A.D. Ledbetter [et al.] // Inhal. Toxicol. – 2015. – Vol. 27, № 1. – P. 54–63. DOI: 10.3109/08958378.2014.984881

8. Approaches for assessing risks to sensitive populations: lessons learned from evaluating risks in the pediatric population / R.N. Hines, D. Sargent, H. [Autrup et al.] // Toxicol. Sci. – 2010. – Vol. 113, № 1. – P. 4–26. DOI: 10.1093/toxsci/kfp217

9. Barium in Drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality [Электронный ресурс] // World Health Organization. – 2016. – 21 p. – URL: http://www.who.int/water_sanitation_health//water-quality/guidelines/chemicals/barium-background-jan17.pdf (дата обращения: 20.09.2021).

10. Data derived extrapolation factors for developmental toxicity: A preliminary research case study with perfluorooctanoate (PFOA) / M.L. Dourson, B. Gadagbui, C. Onyema [et al.] // Regul. Toxicol. Pharmacol. – 2020. – Vol. 110. – P. 104502. DOI: 10.1016/j.yrtph.2019.104502

11. Dorne J.L.C.M. Human variability in hepatic and renal elimination: implications for risk assessment // Journal of Applied Toxicology. – 2007. – Vol. 27, № 5. – P. 411–420. DOI: 10.1002/jat.1255

12. Effects of high-cholesterol and atherogenic diets on vascular relaxation in spontaneously hypertensive rats / M. Cappelli-Bigazzi, S. Rubattu, C. Battaglia [et al.] // Am. J. Physiol. – 1997. – Vol. 273, № 2. – P. H647–H654. DOI: 10.1152/ajpheart.1997.273.2.H647

13. Genetic polymorphisms in assessing interindividual variability in delivered dose / L.T. Haber, A. Maier, P.R. Gentry [et al.] // Regul. Toxicol. Pharmacol. – 2002. – Vol. 35, № 2, Pt. 1. – P. 177–197. DOI: 10.1006/rtph.2001.1517

14. Guidelines for Drinking-water Quality // World Health Organization. – 4th ed. with adds. – Geneva, 2017. – 564 p.

15. Scheuplein R., Charnley G., Dourson M.L. Differential sensitivity of children and adults to chemical toxicity: I. Biological basis // Reg. Toxicol. Pharmacol. – 2002. – Vol. 35, № 3. – P. 429–447. DOI: 10.1006/rtph.2002.1558

16. Toxicological profile for barium and barium compounds // US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. – 2007. – 231 p. – URL: http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp24.pdf (дата обращения: 20.09.2021).

Заболеваемость органов дыхания в период пандемии COVID-19: дополнительные риски в промышленных центрах Иркутской области

Н.В. Ефимова[1,2], М.В. Кузьмина[1]

[1]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Иркутской области», г. Иркутск, Россия,
[2]ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», г. Ангарск, Россия

Изучение ассоциированности заболеваемости органов дыхания, особенно в период пандемии COVID-19, и загрязнения атмосферного воздуха привлекает все большее внимание, однако большинство существующих исследований отличаются высокой степенью вариации результатов.

На примере Иркутской области и отдельных промышленных центров проведена сравнительная оценка изменения уровня заболеваемости органов дыхания, нозологической структуры в периоды 2017–2019 гг. и 2020–2021 гг. Заболеваемость в период пандемии увеличилась в группе подростков на 7 %, у взрослых – в 1,6 раза, у лиц старше трудоспособного возраста – в 1,8 раза. У детей группы 0–14 лет первичная заболеваемость статистически значимо снизилась: 1469,7 случая на 1000 детей в фоновый период против 1345,0 ‰ в 2020–2021 гг. В среднем по Иркутской области статистически значимые риски характерны для групп: лиц старше трудоспособного возраста, $RR = 1{,}8$ (1,4–2,3); взрослого населения старше 18 лет, $RR = 1{,}6$ (1,38–1,99); и подросткового населения, $RR = 1{,}1$ (1,03–1,11). Максимальные уровни риска зарегистрированы для населения г. Шелехова: у подростков $RR = 1{,}7$ (1,51–1,82), у взрослых $RR = 2{,}2$ (1,93–2,61). В городах Братске, Ангарске уровни риска несколько ниже. У детей возрастной группы 0–14 лет как во всех рассматриваемых городах, так и в Иркутской области в целом величины $RR \leq 1$.

Таким образом, подтверждена необходимость оптимизации работы органов здравоохранения и усиления мер профилактики в городах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

Ключевые слова: заболеваемость, болезни органов дыхания, COVID-19, загрязнение, атмосферный воздух.

Болезни органов дыхания (ОД) традиционно занимают первое место в структуре заболеваемости населения, составляя от 40 до 70 % от общего числа обращений. В ряде исследований показано, что риск заболеваемости по классу болезней ОД для населения, подвергающегося воздействию химических примесей, поступающих в приземные слои атмосферного воздуха промышленных центров, значительно выше, чем для жителей неэкспонированных территорий [8, 11]. Изучение рисков здоровью, связанных с химической нагрузкой, на территории Иркутской области показало, что две трети населения проживает в условиях высокого и очень высокого загрязнения атмосферного воздуха, где индексы опасности развития патологии ОД в городах Братске, Шелехове, Ангарске в 8–10 раз превышают допустимый уровень [7]. В связи со стремительным развитием пандемии COVID-19 в последние годы внимание к заболеваемости ОД усилилось, однако четкого представления о связи роста заболеваемости и химического загрязнения атмосферного воздуха в настоящее время нет [10]. В связи с вышеуказанным определена **цель исследования** – провести сравнительную оценку заболеваемости по классу болезней органов дыхания населения промышленных центров Иркутской области в период пандемии COVID-19.

Материалы и методы. Исследования были проведены по данным социально-гигиенического мониторинга и включали три этапа. Во-первых, была дана оценка индексов опасности, связанных с ингаляционным химическим воздействием на население, в городах Иркутской области в среднем за 2010–2021 гг. в соответствии с руководством Р 2.1.10.1920-04. Во-вторых, изучена заболеваемость ОД для населения Иркутской области по четырем группам: дети (категории «0–14 лет» и «15–17 лет»), взрослые («Старше 18 лет» и «Старше трудоспособного возраста»). Были рассчитаны интенсивные показатели на 1000 человек соответствующего возраста и структура заболеваемости ОД по отдельным нозологическим формам и группам согласно отчетной форме № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации». Проведено сравнение за 2020–2021 гг. и фоновый период (2017–2019 гг.) показателей заболеваемости по критерию Фишера и структуры по критерию χ^2. На третьем этапе проведен расчет относительного риска с 95%-ным доверительным интервалом (*RR* (*CI*)) заболеваемости ОД для отдельных возрастных групп населения промышленных городов (риск рассчитан относительно данных по заболеваемости в г. Саянске). Значимыми считали факторы, у которых нижняя граница $OR > 1$. Для подтверждения статистической значимости *OR* использовали критерий χ^2 с поправкой Йейтса, критический уровень значимости принят $p < 0{,}05$.

Результаты. Наиболее высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха отмечены в развитых индустриальных центрах. Отметим, что на всех урбанизированных территориях показатели среднегодового содержания бенз(а)пирена и взвешенных веществ превышали соответствующие ПДК. Для отдельных территорий можно выделить следующие приоритетные специфические загрязнители: в г. Иркутске – диоксид азота и формальдегид; в г. Шелехове – фтористый водород;

в г. Братске – сероуглерод и фтористый водород; в г. Саянске – формальдегид. Для промышленных центров характерно многокомпонентное загрязнение, поэтому особое значение имеет изучение системных токсических рисков. В г. Саянске ингаляционный риск для населения связан преимущественно с влиянием выбросов автотранспорта, так как стационарные источники (ОАО «Саянскхимпласт» и ТЭЦ) расположены на расстоянии 9 км от селитебной зоны, и их выбросы не достигают жилых районов. Наиболее высокому риску развития неблагоприятных эффектов подвержена респираторная система жителей городов: Шелехова, в котором индексы опасности для органов дыхания *HI* составили 10,5; Братска (*HI* = 9,7); Ангарска (*HI* = 8,1); Саянска (*HI* = 1,3). У населения этих городов высокому риску была подвержена также иммунная система (*HI* входил в интервал 0,8–8,6), что может снижать защитные силы организма и способствует развитию инфекционных заболеваний [3, 4].

Показатели заболеваемости ОД в период пандемии увеличились в группе подростков на 7 %, у взрослых – в 1,6 раза ($p < 0,05$), у лиц старше трудоспособного возраста – в 1,8 раза ($p < 0,05$). У детей группы 0–14 лет первичная заболеваемость статистически значимо снизилась: 1469,7 случая на 1000 детей в фоновый период против 1345,0 ‰ в 2020–2021 гг. ($p < 0,05$). При этом следует отметить произошедшее изменение структуры класса болезней ОД во всех изучаемых группах, что подтверждено значением критерия χ^2 ($p = 0,000$). В группах детского населения произошло увеличение острых респираторных заболеваний верхних дыхательных путей, из них ларингитов в группах 0–14 лет – в 1,8 и 15–17 лет – 2,2 раза ($p < 0,05$). У взрослого населения отмечен рост ОРВИ в 1,7 раза и пневмоний в 4,2 раза ($p < 0,001$). Для лиц старшей возрастной группы характерно еще более резкое повышение уровней заболеваемости ОРВИ и пневмонией в 1,8 и 4,6 раза соответственно ($p < 0,001$).

Результаты расчета относительного риска представлены в таблице. В период пандемии наибольший риск заболеваемости ОД отмечен для взрослого населения. В городах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха величина *RR* больше, чем в относительно «чистом» населенном пункте, где нижняя граница доверительного интервала < 1, что свидетельствует о недостаточной статистической значимости выявленного факта.

Относительный риск с доверительным интервалом (*RR* (*CI*)) заболеваемости по классу болезней органов дыхания населения промышленных центров Иркутской области

Территория	Возрастная группа, лет		
	0–14	15–17	Старше 18
Ангарск	0,90 (0,81–0,94)	1,1 (1,03–1,16)	1,7 (1,42–2,0)
Братск	0,87 (0,81–0,92)	1,2 (1,18–1,31)	1,7 (1,40–2,1)
Саянск	1,03 (0,97–1,10)	1,04 (1,0–1,06)	1,14 (0,99–1,3)
Шелехов	0,88 (0,82–0,29)	1,7 (1,51–1,82)	2,2 (1,93–2,61)
Иркутская область	0,9 (0,85–0,98)	1,1 (1,03–1,11)	1,6 (1,38–1,99)

Максимальные уровни риска зарегистрированы для населения г. Шелехова: у подростков *RR* = 1,7 (1,51–1,82), у взрослых *RR* = 2,2 (1,93–2,61). В Ангарске и Братске уровни риска имеют близкие величины. В среднем по Иркутской области статистически значимые риски характерны для групп: лиц старше трудоспособного

возраста, *RR* = 1,8 (1,4–2,3), взрослого населения старше 18 лет, *RR* = 1,6 (1,38–1,99) и подросткового населения, *RR* = 1,1 (1,03–1,11).

Отметим, что у детей возрастной группы 0–14 лет как во всех рассматриваемых городах, так и в Иркутской области в целом величины *RR* ≤ 1. Вероятно, данный факт можно объяснить несколькими моментами. Во-первых, организм детей более устойчив к воздействию штаммов коронавируса, циркулировавших в 2020 и 2021 гг., о чем указывает ряд исследователей [1, 9]. Так, по данным ВОЗ, число случаев инфицирования у детей в возрасте до 5 лет составляет 1,6 %, 5–14 лет – 6,3 %, в возрастной группе 15–23 лет – 14,5 %. [5, 6]. Во-вторых, введенный повсеместно в РФ дистанционный режим обучения и ограничение социальных контактов, особенно в закрытых помещениях, способствовали сокращению случаев ОРВИ иной этиологии [1]. Нарушение противоэпидемического режима, напротив, приводило к вспышкам заболеваний среди детского контингента [2, 4]. Так, в Иркутской области в 2017 г. зарегистрировано 176 случаев гриппа (35,8 ± 0,03 случая на 100 тыс. детей), а в 2021 г. – 57 случаев (11,5 ± 0,03 случая на 100 тыс. детей), что имеет статистически значимые различия ($p = 0{,}000$). В группе подростков (15–17 лет) также произошло сокращение числа случаев гриппа (18,6 ± 0,05 случая на 100 тыс. в 2017 г. и 6,1 ± 0,02 случая на 100 тыс. в 2021 г.; $p = 0{,}000$). Данный результат отражает эффективность меры разобщения коллективов с целью профилактики вирусных инфекций.

Выводы. Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют, что в период пандемии COVID-19 (2020–2021 гг.) наблюдается снижение заболеваемости по классу болезней органов дыхания у детей 0–14 лет, незначительный рост показателя в группе подростков 15–17 лет и выраженное увеличение в группах взрослого населения. Отмечены более высокие уровни относительного риска болезней органов дыхания среди населения городов, атмосферный воздух которых подвержен высокой нагрузке химическими веществами, воздействующими на респираторную и иммунную системы. Полученный опыт определяет необходимость усиления мер первичной и вторичной профилактики в промышленных центрах, оптимизации кадрового состава и режимов работы органов здравоохранения как в моменты «волн» инфекции, так и в промежуточные периоды.

Список литературы

1. Враков З.А., Ягло В.В. Эпидемиологическая особенность заболеваемости, методы борьбы и профилактики COVID-2019 // Молодежный инновационный вестник. – 2021. – Т. 10, № S1. – С. 173–175.

2. Вспышка новой коронавирусной инфекции COVID-19 в образовательном учреждении Москвы / Л.Н. Мазанкова, Э.Р. Самитова, И.М. Османов [и др.] // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2022. – Т. 21, № 1. – С. 98–102. DOI: 10.31631/2073-3046-2022-21-1-98-102

3. Иммуногенетические маркеры у населения южных регионов Сибири, подвергающихся воздействию техногенных факторов / О.В. Долгих, К.Г. Старкова, А.В. Кривцов [и др.] // Якутский медицинский журнал. – 2019. – № 2 (66). – С. 53–55. DOI: 10.25789/YMJ.2019.66.15

4. Клинико-эпидемиологические особенности эпидемического процесса COVID-19 в общежитиях в зависимости от типа их планировочного устройства / А.В. Задорожный, Н.Ю. Пшеничная, С.В. Углева [и др.] // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. – 2021. – Т. 20, № 4. – С. 40–47. DOI: 10.31631/2073-3046-2021-20-4-40-47

5. Маснавиева Л.Б., Ефимова Н.В., Кудаева И.В. Риск развития сенсибилизации к экополлютантам у подростков с наследственным химическим грузом // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 2. – С. 123–131. DOI: 10.21668/health.risk/2021.2.12

6. Налетов А.В., Греков И.С. Коронавирусная инфекция (COVID-19) у детей: эпидемиология, особенности клинико-лабораторных проявлений (обзор литературы) // Вестник неотложной и восстановительной хирургии. – 2020. – Т. 5, № 3. – С. 104–111.

7. Оценка химического загрязнения и риска для здоровья населения Иркутской области / Н.В. Ефимова, И.В. Мыльникова, В.В. Парамонов [и др.] // География и природные ресурсы. – 2016. – № S6. – С. 99–103. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2016-6(99-103)

8. Air pollution is associated with COVID-19 incidence and mortality in Vienna, Austria / H.P. Hutter, M. Poteser, H. Moshammer [et al.] // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2020. – Vol. 17, № 24. – P. 9275. DOI: 10.3390/ijerph17249275

9. Epidemiology, spectrum and impact of COVID-19 on children, adolescents and pregnant women / O. Irfan, K. Tang, M. Arii, Z.A. Bhutta // Pediatric pharmacology. – 2020. – Vol. 17, № 4. – P. 352–359. DOI: 10.15690/pf.v17i4.2168

10. Long-term exposure to air pollution and COVID-19 incidence: A multi-country study / G. Huang, M. Blangiardo, P.E. Brown, M. Pirani // Spat. Spatiotemporal Epidemiol. – 2021. – Vol. 39. – P. 100443. DOI: 10.1016/j.sste.2021.100443.E

11. The impact of air pollution on the incidence and mortality of COVID-19 / A. Karan, K. Ali, S. Teelucksingh, S. Sakhamuri // Glob. Health Res. Policy. – 2020. – Vol. 5. – P. 39. DOI: 10.1186/s41256-020-00167-y

К вопросу установления лимитирующего уровня содержания антибактериальных препаратов в пищевых продуктах животного происхождения на примере тетрациклиновой группы

С.Е. Зеленкин, Д.В. Суворов

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

Применяемые в сельском хозяйстве антибактериальные препараты могут обладать токсическими негативными эффектами и приводить к формированию резистентных штаммов микроорганизмов, что требует санитарно-гигиенического контроля со стороны государств. При установлении безопасного уровня остаточных количеств антибиотиков в пищевых продуктах учитываются токсикологические, фармакологические, микробиологические эффекты воздействия.

Однако в разных странах применяются дифференциальные подходы к уровню их безопасного содержания с применением токсикологической или микробиологической до-

пустимой суточной дозы, что может привести к недооценке негативных эффектов. Таким образом, целесообразно использовать унифицированный подход к разработке гигиенических нормативов содержания остаточных количеств антибактериальных препаратов в пищевых продуктах.

При обосновании нормативов следует учитывать основные принципы оценки риска здоровью населения, оценить токсическое действие на организм человека, действие на его кишечную флору (формирование дисбаланса микрофлоры) и вероятность формирования резистентных штаммов патогенных микроорганизмов с установлением токсикологической и микробиологической ДСД. Наименьшая из них будет принята как лимитирующая и будет применяться для дальнейшего расчета гигиенического норматива (МДУ) содержания остаточных количеств антибиотиков в пищевой продукции. В качестве примера различий в установлении МДУ для остаточных количеств ветеринарных препаратов в пищевой продукции животного происхождения могут выступать антибактериальные препараты тетрациклиновой группы.

Так, для тетрациклина была установлена токсикологическая ДСД на уровне 250 мг/кг массы тела. В то же время для всей группы тетрациклинов в ряде исследований была установлена единая микробиологическая ДСД на уровне 3 мкг/кг массы тела. Эту величину ДСД целесообразно использовать в качестве лимитирующей для установления МДУ содержания тетрациклинов в пищевых продуктах, поскольку она обеспечивает безопасность с точки зрения формирования токсикологических и микробиологических негативных эффектов. Таким образом, учет всех видов негативных эффектов позволяет выйти на наиболее безопасные величины лимитирующей ДСД и МДУ.

Ключевые слова: антибактериальные препараты, пищевые продукты, нормирование, лимитирующая ДСД, МДУ.

Антибактериальные препараты получили широкое применение не только в лечении инфекционных болезней человека, но также в ветеринарии, в частности в сельском хозяйстве [12]. Многие применяемые в сельском хозяйстве антибиотики используются в том числе и для лечения человека. В свою очередь применение в сельском хозяйстве антибактериальных препаратов с целью достижения терапевтических, профилактических эффектов, а также в качестве кормовых добавок привело к формированию резистентных штаммов микроорганизмов [8]. Помимо этого, антибиотики обладают аллергическими и токсическими негативными эффектами [2]. В связи с этим в странах Европейского союза (ЕС) и Евразийского экономического союза (ЕАЭС) использование антибактериальных препаратов разрешено с целью лечения [1, 5]. Наличие негативных эффектов антибактериальных препаратов, применяемых у сельскохозяйственных животных, потребовало санитарно-гигиенического контроля со стороны государств. Так, в отношении ряда антибиотиков были установлены максимальные допустимые уровни (МДУ) их содержания в пищевых продуктах животного происхождения с целью обеспечения безопасности для здоровья человека при их употреблении[1].

В свою очередь при установлении безопасного уровня остаточных количеств ветеринарных препаратов в пищевых продуктах ВОЗ рекомендует учитывать токсикологические, фармакологические, микробиологические (влияние на микробиоту человека и оценка формирования потенциальной резистентности) эффекты воздействия антибактериальных препаратов.

[1] О безопасности пищевой продукции. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 [Элетронный ресуср]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902320560 (дата обращения: 15.10.2021).

Однако в разных странах для антибиотиков применяются дифференциальные подходы к уровню безопасного их содержания в продуктах животного происхождения (рис. 1).

Так, при нормировании остаточных количеств антибактериальных препаратов, обладающих токсикологическим действием, используются подходы к установлению МДУ с определением уровня отсутствия наблюдаемого неблагоприятного воздействия (NOAEL), наименьшего уровня, при котором отмечается развитие неблагоприятных эффектов (LOAEL), или пороговой дозы (BMD) и разработкой допустимой суточной дозы (ДСД, ADI) [7].

В отношении микробиологического действия Международной ветеринарной конференцией по гармонизации (VICH) в 2019 г. было предложено использовать подход, основанный на определении микробиологических ДСД (мДСД, mADI) и установлении МДУ с использованием этого показателя. Согласно предложениям VICH, одним из способов установления мДСД является расчет концентрации антибактериального препарата, не вызывающей неблагоприятных эффектов (NOAEC). Другой способ предполагает расчет мДСД через определение минимальной концентрации антибиотика, ингибирующей рост 50 % культур определенного микроорганизма (MIC_{50}) [13].

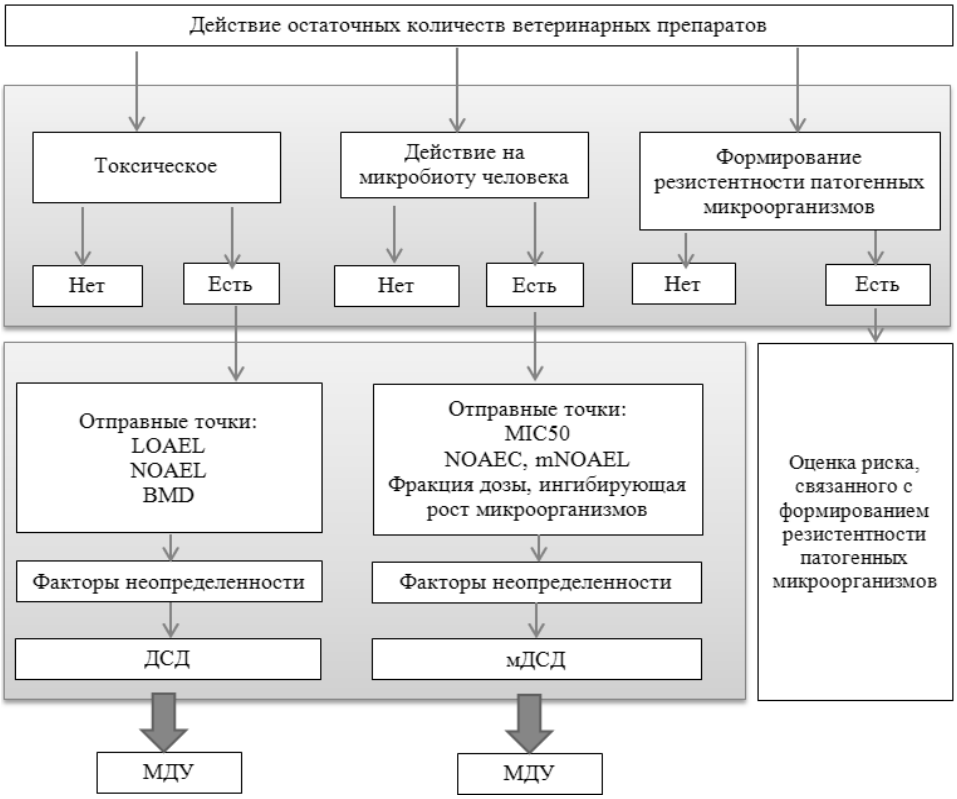


Рис. 1. Оценка безопасности содержания остаточных количеств ветеринарных препаратов в пищевых продуктах

Различные подходы к нормированию в отношении остаточных количеств антибактериальных препаратов в пищевых продуктах могут привести к недооценке негативных эффектов для здоровья человека. Так, при разработке гигиенического норматива, безопасного с точки зрения развития токсикологических эффектов, его величина может не обеспечивать безопасность в отношении микробиологических эффектов и наоборот.

Таким образом, целесообразно использовать унифицированный подход к разработке гигиенических нормативов содержания остаточных количеств антибактериальных препаратов в пищевых продуктах.

С этой целью при обосновании гигиенических нормативов содержания остаточных количеств антибиотиков в пищевой продукции животного происхождения следует учитывать основные принципы оценки риска здоровью населения. В связи с этим необходимо оценить негативные эффекты остаточных количеств антибиотиков в пищевой продукции с позиции риска здоровью: токсическое действие на организм человека, действие на его кишечную флору (формирование дисбаланса микрофлоры) и вероятность формирования резистентных штаммов патогенных микроорганизмов с установлением токсикологической ДСД и мДСД. Наименьшая из них будет принята как лимитирующая в связи с тем, что данная величина не окажет токсического действия на организм человека и не способствует угнетению роста кишечной микрофлоры. Установленная лимитирующая ДСД применяется для дальнейшего расчета гигиенического норматива (МДУ) содержания остаточных количеств антибиотиков в пищевой продукции (рис. 2).

В качестве примера различий в установлении МДУ для остаточных количеств ветеринарных препаратов в пищевой продукции животного происхождения могут выступать антибактериальные препараты тетрациклиновой группы (тетрациклин, хлортетрациклин, окситетрациклин, доксициклин) как наиболее широко используемые в сельском хозяйстве вследствие своей дешевизны и доступности [3, 9].

Так, Европейским медицинским агентством (EMA) для установления МДУ содержания тетрациклина в пищевых продуктах на основании токсических эффектов была рассчитана NOAEL на уровне 250 мг/кг массы тела [10]. В аналогичном исследовании окситетрациклина была получена NOAEL на уровне 100 мг/кг массы тела [14].

В свою очередь, при исследовании микробиологических эффектов антибиотиков тетрациклиновой группы Европейским агентством по безопасности продуктов питания (EFSA) установлена единая мДСД для группы тетрациклинов на уровне 3 мкг/кг массы тела, полученная в исследованиях *in vivo* [4].

В то же время Объединенным комитетом Codex Alimentarius по пищевым добавкам (JECFA) применялась единая мДСД для группы тетрациклинов на уровне 30 мкг/кг массы тела, рассчитанная на исследованиях *in vitro* [11]. В странах ЕАЭС в ходе математического моделирования зависимости концентрации тетрациклинов и доли ингибированных штаммов различных бактерий с учетом значений MIC_{50} и MIC_{90} установлена единая мДСД на уровне 3,2 мкг/кг массы тела [6].

Таким образом, величину мДСД (3 мкг/кг массы тела) целесообразно использовать в качестве лимитирующей для установления МДУ содержания тетрациклинов в пищевых продуктах, поскольку такое значение ДСД обеспечивает безопасность с точки зрения формирования токсикологических и микробиологических негативных эффектов.

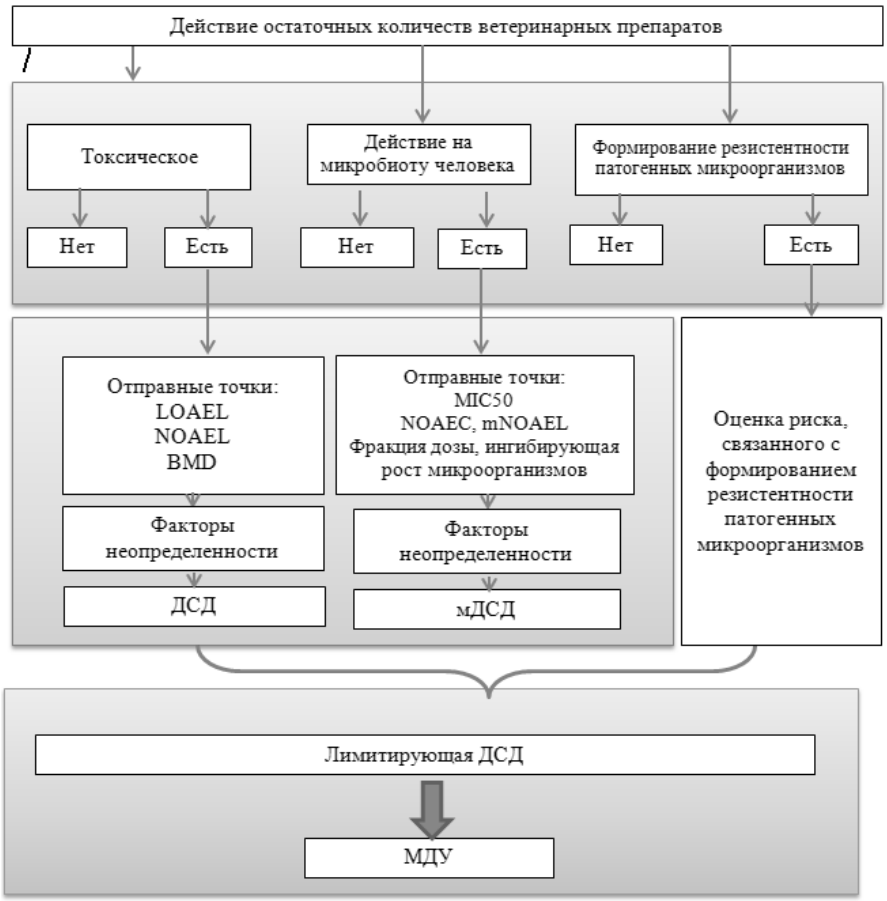


Рис. 2. Оценка безопасности содержания остаточных количеств ветеринарных препаратов в пищевых продуктах

Выводы. В результате проведенного анализа методических подходов к установлению максимальных допустимых уровней содержания остаточных количеств антибиотиков в пищевых продуктах животного происхождения с учетом критериев риска здоровью установлено, что в мировой практике применяются подходы к гигиеническому нормированию с учетом основных групп негативных эффектов для здоровья (токсическое действие на человека, действие на его кишечную микрофлору и формирование резистентности патогенных микроорганизмов). Однако применяемые гигиенические стандарты содержания остаточных количеств ветеринарных препаратов в продуктах животного происхождения в большинстве стран учитывают только один из подходов, что может привести к недооценке риска здоровью.

В свою очередь, учет всех видов негативных эффектов остаточных количеств антибактериальных препаратов, поступающих с пищевыми продуктами животного происхождения, на организм человека позволяет выйти на лимитирующую величину ДСД, которая определяется с учетом всех изучаемых эффектов, с последующим установлением МДУ.

Список литературы

1. О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О ветеринарии» и Федеральный закон «Об обращении лекарственных средств» (в части обеспечения контроля за назначением и применением лекарственных препаратов для ветеринарного применения): Законопроект № 1238560-7 [Электронный ресурс]. – URL: https: //sozd.duma.gov.ru/bill/1238560-7 (дата обращения: 25.03.2022).

2. Чурина О.С., Шукиль Л.В. Характеристика побочных действий антибактериальных препаратов // Омский научный вестник. – 2012. – № 2 (114). – С. 86–89.

3. EFSA. Use of antibiotics in animals is decreasing [Электронный ресурс]. – URL: https://www.efsa.europa.eu/en/news/use-antibiotics-animals-decreasing (дата обращения: 20.01.2022).

4. European Food Safety Authority. Setting of maximum residue levels for amitraz, coumaphos, flumequine, oxytetracycline, permethrin and streptomycin in certain products of animal origin // EFSA Journal. – 2016. – Vol. 14, № 8.

5. European Union. Commission Directive 2006/130/EC of 11 December 2006 implementing Directive 2001/82/EC of the European Parliament and of the Council as regards the establishment of criteria for exempting certain veterinary medicinal products for food-producing animals from the requirement of a veterinary prescription // Official Journal of Legislation. – 2006. – Vol. 349. – P. 15–16.

6. Human health hazards associated with tetracycline drugs residues in food / N.V. Zaitseva [et al.] // International Journal of Advanced Research. – 2014. – Vol. 2, № 8. – P. 488–495.

7. Introduction to Risk Assessment. CHEST Training Package for the Health Sector [Электронный ресурс]. – URL: https://ec.europa.eu/health/ph_projects/2003/action3/docs/2003_3_09_a23_en.pdf (дата обращения: 25.02.2022).

8. Lee M.H., Lee H.J., Ryu P.D. Public health risks: Chemical and antibiotic residues – Review // Asian-Australasian Journal Of Animal Sciences. – 2001. – Vol. 14, № 3. – P. 402–413.

9. Nelson M.L., Levy S.B. The history of the tetracyclines // Annals of the New York Academy of Sciences. – 2011. – Vol. 1241, № 1. – P. 17–32.

10. Oxytetracycline, chlortetracycline, tetracycline, Summary report EMEA/MRL/023/95 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ema.europa.eu/en/documents/mrl-report/oxytetracycline-tetracycline-chlortetracycline-summary-report-3-committee-veterinary-medicinal_en.pdf (дата обращения: 25.02.2022).

11. Oxytetracycline, Evaluation of certain veterinary drugs residues in food (Thirty-sixth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). – Geneva: World Health Organisation, 1990. – P. 41–44.

12. Stolker A.A.M., Zuidema T., Nielen M.W F. Residue analysis of veterinary drugs and growth-promoting agents // TrAC Trends in Analytical Chemistry. – 2007. – Vol. 26, № 10. – P. 967–979

13. Veterinary International Conference on Harmonization. Studies to evaluate the safety of residues of veterinary drugs in human food: general approach to establish a microbiological ADI [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ema.europa.eu/documents/scientific-guideline/vich-gl36r2-studies-evaluate-safety-residues-veterinary-drugs-human-food-general-approach-establish_en.pdf (дата обращения: 15.03.2022).

14. Zoetis Inc. Safety data sheet for Aureomycin® 90G [Электронный ресурс]. – URL: https://www.zoetisus.com/contact/pages/product_information/ msds_pi/msds/Aureomycin_90G.pdf (дата обращения: 30.01.2022).

Современные аспекты изучения уровня и качества жизни студентов-медиков в период пандемии

И.Г. Зорина[1], В.В. Макарова[2], А.М. Липован[1], А.А. Мицукова[1], М.В. Филатова[1]

[1]ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава РФ,
[2]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Челябинской области, г. Челябинск, Россия

Объектом исследования явились студенты-медики ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России в возрасте 18–24 лет. Осуществлен анализ уровня и качества жизни, нервно-психического и физического состояния студентов-медиков в период пандемии. В работе применены социологический, аналитический, статистический методы исследования. Интервьюирование проводилось по опроснику SF-36 «SF-36 Health Status Survey», анонимное онлайн-анкетирование – по разработанной авторами анкете. Выявлены высокие показатели физического здоровья у студентов возрастной группы 18–20 лет. У 24,5 % респондентов отмечено слабое физическое здоровье, они испытывают трудности при физических нагрузках любой степени. При анализе показателей нервно-психического состояния 47,1 % обучающихся отметили, что испытывают частые депрессивные настроения, чувство беспокойства, тревоги, преобладание отрицательных эмоций. В другой возрастной группе (21–24 года) количество студентов с хорошим физическим состоянием несколько ниже – 71,5 %, регулярное хорошее настроение отмечают 55,9 % студентов, 50,9 % респондентов указывают на неблагоприятное самочувствие. Выявлено, что 48,5 % опрошенных отмечают наличие хронических заболеваний желудочно-кишечного тракта, что обусловлено двухразовым питанием (26,5 % респондентов) и потреблением 2–3 раза в неделю фастфуда (63,3 % опрошенных). По результатам анкетирования более половины опрошенных (52,9 %) переболели COVID-19, при этом 88,2 % вакцинированы. Респонденты отметили, что перенесенное заболевание отразилось на характере питания (16,1 %), что выражалось в длительном (2–3 месяца и более) извращении вкуса, отсутствии обоняния. На основании полученных результатов разработаны и предложены комплексные профилактические мероприятия по улучшению качества и образа жизни студентов-медиков.

Ключевые слова: физическое состояние, нервно-психическое состояние, качество жизни, образ жизни, новая коронавирусная инфекция, студенты-медики.

Актуальность исследования обусловлена тем, что социально-экономическое развитие страны направлено в первую очередь на обеспечение благосостояния населения, важнейшей составляющей которого является регулярный комплексный анализ уровня и качества жизни, в особенности в отношении молодежи в возрасте 18–26 лет [7, 10]. Именно в этом возрасте увеличивается степень воздействия на организм человека социальных, гигиенических, поведенческих факторов окружающей среды (вредные привычки, нерациональное питание, учебные перегрузки, нарушение сна, стрессы и др.) [2, 4, 9].

Ряд авторов указывают на мультифакторное воздействие окружающей среды на состояние здоровья студенческой молодежи: социально-экономический фактор (прожиточный минимум, среднемесячная заработная плата, индекс потребительских цен на продукты питания), экологический фактор (загрязнение воздуха контаминантами, выбросами автотранспорта, объем образующихся отходов и др.) и образ жизни (гиподинамия, нарушение питания, сна, отдыха, трудовой деятельности, перегрузки и др.) [3]. Другие авторы отмечают, что адаптационные процессы в организме студентов наряду с учебной нагрузкой и социальными факторами приоритетно детерминируются влиянием климатогеофизических и антропогенных факторов того региона, где они проживают [8].

Необходимо отметить особенности образа жизни студентов: недостаточное количество времени на сон, отдых, прием пищи из-за учебных перегрузок, недостаточное потребление продуктов с высоким содержанием витаминов и минеральных веществ, что провоцирует развитие заболеваний желудочно-кишечного тракта, приводит к нарушению обменных процессов в организме [1, 5].

Частичный переход высшего образования на коммерческую основу, рост стоимости жилья, коммунальных услуг, основного набора продуктов питания, лекарств приводят к тому, что большинство молодых людей вынуждены работать в свободное от учебы время (в вечернее или ночное время) и чаще всего заняты малоквалифицированным трудом: грузчики, официанты, дворники, дежурные.

По результатам исследования [6, 11], начиная с первых курсов, обучение с работой совмещают более 30,0 % юношей и 15,0 % девушек, что приводит к увеличению числа нарушений режима дня, сна, появлению постоянной усталости, ухудшению жизненных функций организма.

Цель исследования – провести анализ уровня и качества жизни, нервно-психического и физического состояния студентов-медиков в период пандемии.

Материалы и методы. В качестве теоретической основы использована отечественная и зарубежная литература по проблемам качества жизни населения.

Методом интервьюирования по русской версии стандартного неспецифического американского опросника SF-36 «SF-36 Health Status Survey» охвачено 102 студента ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России в возрасте от 18 до 24 лет (сгруппированы от 18 до 20 лет, от 21 года до 24 лет), из них 30 мужчин и 72 женщины. Опросник отражает общее благополучие и степень удовлетворенности теми сторонами жизнедеятельности человека, на которые влияет состояние здоровья. Опросник состоит из 36 вопросов, которые сгруппированы в восемь шкал: физическое функционирование, ролевая деятельность, телесная боль, общее здоровье, жизнеспособность, социальное функционирование, эмоциональное состояние и психическое состояние. Значения шкалы варьируются между 0 и 100 баллами (100 баллов – полное здоровье) и в комплексе формируют две группы суммарных показателей нервно-психического и физического состояния.

В ходе исследования проведено онлайн-анкетирование 168 студентов (I–VI курс), среди которых 17 мужчин и 151 женщина, по разработанной авторами анкете, состоящей из 43 вопросов, представленных следующими блоками: перенесенная коронавирусная инфекция, наличие осложнений, вакцинации, самооценка здоровья, наличие хронических заболеваний, характер питания в период пандемии, вредные привычки.

В процессе работы применялись общенаучные методы: социологический, аналитический, статистический.

Результаты. При оценке результатов анкетирования респондентов получены следующие результаты.

Показатель физического функционирования (Physical Functioning – PF). В двух возрастных группах более 96,1 % опрошенных не испытывают ограничений во время выполнения физических нагрузок любой степени тяжести, 1,9 % испытывают некоторые сложности, у 1,9 % значительно ограничена физическая активность. Существенных отличий по полу не выявлено.

Показатель ролевого функционирования, обусловленного физическим состоянием (Role-Physical Functioning – RP). У 88,2 % студентов отмечен средний показатель ролевого функционирования, у 11,8 % – неудовлетворительное физическое состояние, что оказывает влияние на повседневную деятельность, процесс обучения, выполнение домашних заданий. Важно отметить, что у 82 % респондентов первой возрастной группы (18–20 лет) и у 95,6 % другой группы выявлен средний показатель. Физическое состояние ограничивало повседневную деятельность 19,4 % юношей и 16,6 % девушек в первой возрастной группе и 3,7 % юношей и 5,2 % девушек второй группы соответственно.

Показатель интенсивности боли (Bodily pain – BP). Среди респондентов не испытывают физическую боль при обычном ритме жизни 56,4 %, 10,8 % указали на то, что сильная или очень сильная боль мешает им во время выполнения повседневной деятельности, 32,9 % опрошенных отметили физическую боль умеренной интенсивности. Во второй возрастной группе количество студентов, которым сильная или очень сильная боль мешает в повседневной деятельности, значительно больше (13,8 %), чем в первой (7,8 %). Существенных отличий по полу не выявлено.

Общее состояние здоровья (General Health – GH). При субъективной оценке своего самочувствия на момент опроса 57,8 % студентов считают, что имеют хорошее здоровье, 30,2 % склонны к болезням больше, чем другие, 11,8 % считают свое здоровье слабым и ожидают ухудшения состояния в ближайшее время. Интересно отметить, что в группе 18–20 лет 10,8 % и в группе 21–24 лет 13,7 % ожидают, что их здоровье ухудшится.

Показатель жизненной активности (Vitality – VT). Среди студентов первой возрастной группы (18–20 лет) у 71,8 % мужчин отмечено хорошее настроение, удовлетворенность своим положением, тогда как студенток, положительно настроенных и довольных своим состоянием, в 3,3 раза меньше (22,1 %); 29,4 % молодых людей и 78,4 % девушек чувствовали себя подавленными, испытывали состояние тревоги. Во второй возрастной группе (21–24 года) 42,2 % студентов и 25,5 % студенток испытывали положительные эмоции, хорошее настроение и ощущали себя спокойными, 57,9 и 76,4 % соответственно чувствовали себя измученными и уставшими.

Показатель социального функционирования (Social Functioning – SF). Треть респондентов (30,3 %) отметили, что физическое или эмоциональное состояние совсем не ограничивало их социальную активность, 53,5 % были ограничены в общении, 16,3 % испытывали существенные ограничения социальной деятельности по причине сильно и очень сильно неудовлетворительного состояния. По полу и возрасту существенных различий не выявлено.

Ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием (Role-Emotional Functioning – RE). Среди обучающихся 50,0 % мужчин и 43,1 % женщин отметили, что их эмоциональное состояние совсем не ограничивало их в выполнении повседневной деятельности, 49,1 % молодых людей и 62,7 % девушек, напротив, испытывали некоторые ограничения (вынуждены сократить количество времени, затрачиваемого на учебу, выполнение домашних заданий, работу).

Психическое здоровье (Mental Health – MH). Среди студентов в возрасте 18–20 лет 65,7 % юношей и 70,6 % девушек имеют высокий показатель положительных эмоций, 34,3 % студентов и 29,4 % студенток испытывают депрессивные состояния, указывают на тревожные мысли.

В другой возрастной группе (21–24 года) 63,7 % мужчин и 72,5 % женщин отмечают высокий показатель положительных эмоций, 36,3 и 27,5 % соответственно – депрессивное состояние, тревожные мысли.

Низкие показатели физического состояния (показатель физического функционирования, показатель ролевого функционирования, обусловленного физическим состоянием, показатель интенсивности боли, показатель общего состояния здоровья) выявлены у 1/4–1/3 респондентов обеих возрастных групп (24,5 и 28,5 % соответственно) (рис. 1).

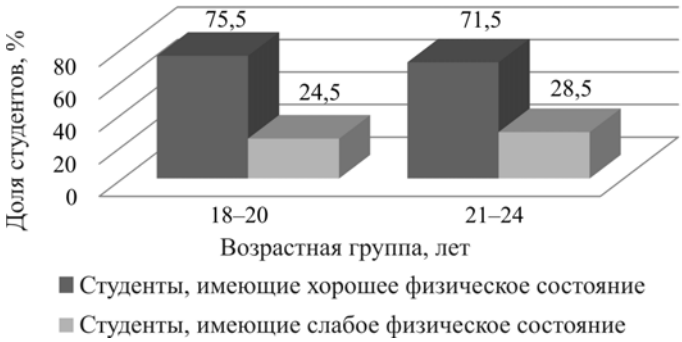


Рис. 1. Распределение студентов по суммарному показателю физического состояния (%)

Респонденты по суммарному показателю нервно-психического состояния (показатель жизненной активности, показатель социального функционирования, ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием, психическое здоровье) распределились практически равномерно вне зависимости от возраста и пола: 46,6 % с неблагополучным нервно-психическим состоянием и 53,4 % с благополучным (рис. 2).

В результате онлайн-анкетирования студентов выявлено, что субъективно 40,5 % опрошенных считают свое здоровье «отличным», 36,9 % оценивают его как «хорошее», 18,5 % – «удовлетворительное», и почти у половины респондентов (48,5 %) присутствуют хронические заболевания. В структуре хронических заболеваний у 32,4 % обследованных преобладают заболевания желудочно-кишечного тракта (преимущественно хронический гастрит, холецистит, дуоденит, колит), у 16,2 % – заболевания верхних дыхательных путей (преимущественно хронический тонзиллит, ларингит, трахеит) и у 13,5 % – заболевания органов зрения (миопия, астигматизм, гиперметропия).

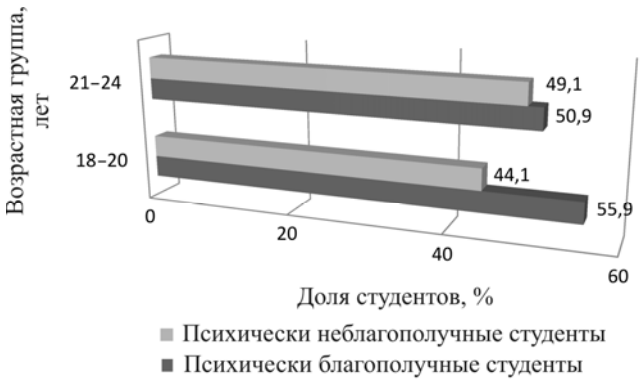


Рис. 2. Распределение студентов по суммарному показателю нервно-психического состояния

Отмечено, что 83,3 % студентов регулярно чувствуют слабость, утомляемость, раздражительность, плаксивость, нарушения сна, снижение работоспособности и внимания, в качестве причин респонденты указывают эмоциональные перенапряжения, стрессы, снижение физической активности в период пандемии.

По результатам анкетирования более половины опрошенных (52,9 %) переболели COVID-19, при этом 88,2 % опрошенных вакцинированы, а 11,8 % не вакцинированы. Студенты, у которых данное перенесенное заболевание отразилось на характере питания (16,1 %), отмечают длительное (2–3 месяца и более) извращение вкуса, отсутствие обоняния.

Выявлено, что у 10,3 % респондентов оптимальный режим питания – четырехразовый, у 58,8 % – трехразовое питание, у 26,5 % – двухразовое питание. Отметим, что больше половины респондентов (63,3 %) регулярно (2–3 раза в неделю) употребляют фастфуд, именно они предъявляют жалобы на изжогу, боль в животе, диспепсические явления и другие. У 92 % отмечается дефицит сна, 69 % юношей и девушек отходят ко сну после полуночи, в результате чего длительность сна сокращается до 5–6 ч.

Количество курящих респондентов составляет 20,6 %, из них 11 % курят более двух лет и выкуривают по десять сигарет в день, больше половины (67,2 %) студентов употребляют алкогольные напитки 3–4 раза в месяц.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости разработки и внедрения комплексных мероприятий по мотивации и стремлению улучшения образа жизни студентов-медиков, формированию качественных медико-гигиенических знаний, выработке умений и навыков в управлении здоровьем, внедрения технологий управления, основанных на индивидуальной ответственности субъекта, мониторинга состояний своего здоровья, регулярного контроля уровня и качества жизни с применением информационных технологий и формирования национальной идеи здорового образа жизни.

Выводы. В результате исследования основных составляющих качества жизни – физическое и нервно-психическое состояние, образ жизни – у 73,5 % студентов-медиков выявлен умеренно высокий уровень физического состояния здоровья. Слабое физическое состояние, при котором обучающиеся испытывают трудности

при физических нагрузках, выявлено у студентов обеих возрастных групп (18–20 и 21–24 лет) – 24,5 и 28,5 % респондентов соответственно. Студенты мужского пола имеют более высокие показатели физической активности по сравнению со студентами женского пола.

При анализе показателей, отражающих нервно-психическое состояние обучающихся, выявлено, что 47,1 % студентов первой возрастной группы отмечают частые депрессивные настроения, чувство беспокойства, тревоги, преобладание отрицательных эмоций. 50,9 % студентов второй возрастной группы указывают на неблагоприятное психическое самочувствие.

Выявлено, что 48,5 % опрошенных отмечают наличие хронических заболеваний желудочно-кишечного тракта, что обусловлено двухразовым питанием (26,5 % респондентов) и потреблением 2–3 раза в неделю фастфуда (63,3 %). По результатам анкетирования более половины опрошенных (52,9 %) переболели COVID-19, при этом 88,2 % вакцинированы. Респонденты отметили, что перенесенное заболевание отразилось на характере питания (16,1 %), что выражалось в длительном (2–3 месяца и более) извращении вкуса, отсутствии обоняния.

Предложены индивидуальные рекомендации, направленные на формирование мотивации улучшения качества жизни, приобретение навыков управления здоровьем и технологий совершенствования образа жизни.

Список литературы

1. Баженов С.А., Маликов Н.С. Качество жизни населения: теория и практика // Уровень жизни населения регионов России. – 2002. – № 10. – С. 10–53.
2. Баклыкова А.В. Здоровье и образ жизни студентов-медиков // Молодой ученый. – 2010. – № 5–2. – С. 205–207.
3. Блинова Е.Г., Кучма В.Р. Основы социально-гигиенического мониторинга условий обучения студентов высших учебных заведений // Гигиена и санитария. – 2012. – Т. 91, № 1. – С. 35–40.
4. Зорина И.Г., Кокшаров А.В., Макарова В.В. Адаптационные особенности детей и подростков: монография. – Челябинск: ООО «Полиграф-Мастер», 2020. – 88 с.
5. Карамнова Н.С., Драпкина О.М. COVID-19 и питание: новые акценты, прежние приоритеты (обзор рекомендаций) // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2020. – Т. 19, № 3. – С. 327–330. DOI: 10.15829/1728-8800-2020-2576
6. Окрепилова И.Г., Венедиктова С.К. Управление качеством жизни: уч. пособие / под ред. д-ра экон. наук, профессора И.Г. Окрепиловой. – СПб.: Изд-во СПб ГУЭФ, 2010. – 104 с.
7. Осетрина Д.А., Семёнова В.В. Причины ухудшения состояния здоровья студентов // Молодой ученый. – 2017. – № 13 (147). – С. 649–651.
8. Островский Д.И., Иванова Т.И. Влияние новой коронавирусной инфекции COVID-19 на психическое здоровье человека (обзор литературы) // Омский психиатрический журнал. – 2020. – № 2-S1 (24). – С. 4–10. DOI: 10.24411/2412-8805-2020-10201
9. Савочкина Д.И., Пигасова А.А. Состояние здоровья студентов-медиков в современных условиях обучения // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 2. – С. 43.
10. Состояние здоровья студентов-медиков и факторы, его определяющие / Р.М. Бердиев, В.А. Кирюшин, Т.В. Моталова, Д.И. Мирошникова // Российский

медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. – 2017. – Т. 25, № 2. – С. 303–315. DOI: 10.23888/PAVLOVJ20172303-315

11. Трофимова Н.В. Интегральная оценка качества жизни населения. – Уфа: Изд-во БАГСУ, 2006. – 10 с.

Сравнительная характеристика многосредового канцерогенного риска здоровью подростков г. Казани

Г.А. Исмагилова, Э.Р. Валеева, Н.В. Степанова, А.С. Билялова, А.И. Зиятдинова

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
Институт фундаментальной медицины и биологии,
г. Казань, Россия

Основной целью работы является сравнительная характеристика канцерогенного риска здоровью подростков и взрослого населения от воздействия химических загрязняющих веществ при многосредовом поступлении (из питьевой воды, почвы, атмосферного воздуха, продуктов питания). Высокий уровень суммарного канцерогенного индивидуального риска на изученных территориях города определяется у подростков и взрослых во 2-й зоне (0,00426 и 0,00298 соответственно). Величина суммарного канцерогенного риска *TCR* на изучаемых территориях при комплексном многосредовом поступлении химических веществ (ХВ) у подростков и взрослого населения соответствует настораживающему уровню риска ($1{,}0\cdot10^{-3}$–$1{,}1\cdot10^{-4}$). В величину канцерогенного риска во всех зонах основной вклад вносят хлороформ и свинец. Наиболее высокий уровень канцерогенного риска регистрируется во всех изучаемых зонах на уровне 95-го перцентиля для здоровья подростков.

Ключевые слова: канцерогенный риск, здоровье, подростки, взрослое население, химические вещества.

По данным ВОЗ подходы, основанные на оценке риска для здоровья, являются перспективными и должны использоваться для обоснования управленческих решений по обеспечению безопасности качества окружающей среды (питьевой воды, атмосферного воздуха, почвы, пищевых продуктов и т.д.). Обзор публикаций по оценке риска в России показал, что основная часть методологических вопросов связана с неопределенностями оценки экспозиции, отсутствием региональных, национальных и возрастных различий в факторах экспозиции и чувствительности к канцерогенам [1, 2, 4–8]. Экспозиция детей и подростков к загрязнителям окружающей среды значительно отличается от экспозиции взрослых в силу различных причин, связанных с активностью и поведенческими рисками, питанием детей, физиологическими особенностями метаболизма. На сегодняшний день актуальным является установление значимости химического фактора, обусловленного воздействием химических веществ, поступающих из окружающей среды, на здоровье де-

тей, подростков и взрослого населения, и обоснование мероприятия по совершенствованию контроля, снижению и минимизации уровней риска для здоровья основных групп населения с учетом региональных особенностей [1, 3–5, 8–12, 15, 16]. Химический фактор загрязнения окружающей среды по величине относительного риска заболеваемости детского населения занимает четвертое место, уступая наследственным и биологическим факторам.

Цель исследования – установить значимость химического фактора, обусловленного воздействием химических веществ, поступающих из окружающей среды (питьевой воды, почвы, атмосферного воздуха, продуктов питания), на здоровье подростков и взрослого населения; обосновать мероприятия по совершенствованию контроля, снижению и минимизации уровней риска для здоровья населения и его чувствительных групп; провести оценку канцерогенного риска здоровью подростков при многосредовом поступлении химических веществ.

Материалы и методы. Оценка канцерогенного риска осуществлялась по результатам исследований, выполненных на базе аккредитованной лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан», и собственных исследований согласно руководству по оценке риска для здоровья населения (Р 2.1.10.1920-04) и рекомендациям Агентства по охране окружающей среды USEPA [5, 13]. Анализ экспозиции химических веществ путем проглатывания, ингаляции и дермальных путей проводился с помощью оценки хронического суточного потребления (ADDch) с использованием стандартных формул. В качестве ориентировочной меры допустимого накожного воздействия (RfD_d) химических веществ использовалась величина поглощенной дозы, рассчитанная на основании референтной дозы (RfD_o) при пероральном пути поступления и коэффициента абсорбции в желудочно-кишечном тракте (GIABS). Оценка канцерогенного риска проводилась при комплексном поступлении различными путями и при комбинированном воздействии нескольких тяжелых металлов (ТМ), отнесенных по классификации МАИР к канцерогенам групп 1 (кадмий, мышьяк, сажа), 2А (свинец, формальдегид), 2В (никель, ДДТ, хлороформ). При оценке маршрутов воздействия химических контаминант со средами определить точные источники возможного загрязнения было невозможно. Поэтому анализ их маршрутов воздействия был неполным: конкретный водопровод (водоем) – питьевая вода (вода водоема) – пути поступления (пероральный, накожный). Для почвы оценка маршрута включала загрязнение городской почвы – воздействие тремя путями (ингаляционным, пероральным, накожным); для продуктов питания – загрязнение пищевых продуктов – пероральный путь поступления. Количественная характеристика экспозиции и оценка канцерогенного риска проводились в соответствии с выбранным сценарием воздействия, с учетом региональных факторов экспозиции для поступления химических веществ (ХВ) из указанных сред на основе имеющихся данных мониторинга и собственных исследований. Среди канцерогенов, содержащихся в объектах окружающей среды города, только кадмий и свинец обладают генотоксическим механизмом действия. Расчет уровней канцерогенного риска для этих канцерогенных веществ у подростков проводился с использованием поправочных коэффициентов для фактора канцерогенного потенциала (ADAF), который для экспозиций в возрасте от 2 до 16 лет принимается равным 3.

Определение зон исследования проводилось на основании расположения постоянных постов наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха г. Казани. Вы-

делили следующие зоны: Кировский район – 1-я зона, Вахитовский район – 2-я зона, Советский район – 3-я зона и Приволжский – 4-я зона.

Результаты. Ранжирование по вкладу отдельных зон в суммарную величину риска для подростков на территории г. Казани показало, что наибольший вклад в суммарный канцерогенный индивидуальный риск на территории города вносит: 1-я зона – 24 %, 2-я зона – 34 %, 3-я зона – 27 %, 4-я зона – 15 %. При анализе индивидуального канцерогенного риска, обусловленного ингаляционным путем поступления ТМ (атмосферный воздух, почва, вода) в исследуемых зонах, установлено, что его величины находятся в пределах 9,27E-04–2,05E-03 у подростков и 6,485E-04–1,13E-03 у взрослого населения. Доля вклада ингаляционного поступления ХВ почвы занимает третье место и является незначительной. Канцерогенный риск от воздействия атмосферного воздуха во всех зонах города находится в пределах 4,15E-05, и ведущее место в его формировании занимают хром (3,92E-05) и никель (1,59E-06). Уровень для остальных канцерогенов не превысил 10^{-6}. Суммарный канцерогенный риск с учетом перорального воздействия (вода питьевая, вода водоемов, почва и продукты питания) колебался от 1,12E-03 (1-я зона) до 9,21E-04 (4-я зона) у подростков и от 7,86E-04 (1-я зона) до 6,45E-04 (4-я зона) у взрослого населения (табл. 1).

Таблица 1

Суммарные канцерогенные риски подростков г. Казани

Путь и среда поступления	1-я зона	2-я зона	3-я зона	4-я зона	Сумма	Сумма, %
Ингаляционный путь						
Атм. воздух	0,00198	0,001427	0,0016	0,00086	0,0058	96,2
Вода	6,7E-05	4,81E-05	4,81E-05	6,801E-05	0,0002	3,80
Почва	0	0	0	0	0	0,00
Сумма	0,00205	0,001475	0,0016	0,00093	0,006	100,0
Пероральный путь						
Продукты	0,00052	0,000523	0,00052	0,00052	0,002	47,24
Вода	0,00013	0,0001	0,00011	9,748E-05	0,0004	9,87
Почва	0,00072	0,0005	0,00038	0,0003	0,0019	42,88
Сумма	0,00137	0,00112	0,00102	0,00092	0,0044	100,0
Накожный путь						
Вода	9,9E-06	7,92E-06	7,28E-06	9,693E-06	3,48E-05	1,58
Почва	0,00083	0,00035	0,00042	0,00057	0,002	98,42
Сумма	0,00084	0,00036	0,000424	0,00058	0,002	100,0
HCRo	0,00137	0,00113	0,00101	0,00092	0,004	34,89
HCRi	0,00205	0,001475	0,00162	0,00093	0,006	47,77
HCRd	0,00084	0,000358	0,00042	0,00058	0,002	17,34
THCR	0,00426	0,002955	0,0031	0,00242	0,013	100,0

Наибольший вклад в уровень суммарного канцерогенного риска вносит оральное поступление ХВ с почвой и питьевой водой для подростков и взрослого населения в 1-й (0,0006 и 0,0008 соответственно) и 2-й (0,0004 и 0,0006 соответственно) зонах, с питьевой водой – во второй зоне у подростков (0,00013) и взрослого населения (9,2E-05). Наибольший суммарный канцерогенный риск от поступления химических веществ пероральным путем отмечается в 1-й и 2-й зонах города (рис. 1).

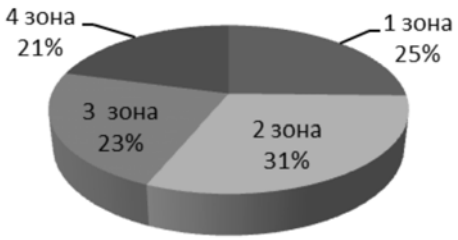


Рис. 1. Доли распределения канцерогенных рисков при пероральном пути поступлении среди подростков г. Казани

Суммарный канцерогенный риск с учетом накожного воздействия во всех зонах соответствует допустимому уровню. Его значения были ниже рисков, поступающих ингаляционным и пероральным путем, и наибольшие отмечались во 2-й и 4-й зонах как для подростков (8,4E-04 и 5,76E-04 соответственно), так и для взрослого населения (05,9E-04 и 4,035E-04 соответственно). Минимальное значение определилось в 1-й зоне: 3,58E-04 у подростков и 2,51E-04 у взрослого населения. Анализ суммарных канцерогенных рисков, обусловленных одновременным поступлением ТМ из всех воздействующих сред всеми основными путями, показал, что наибольшему пожизненному индивидуальному риску подвергается подростковое и взрослое население, проживающее во 2-й (34 %) и 3-й (24 %) зонах города, а минимальный риск – на территории 4-й зоны (15 %).

Таблица 2

Оценка суммарного многосредового канцерогенного риска в изучаемых зонах г. Казани

Путь	Контингент	1-я зона	2-я зона	3-я зона	4-я зона
HCR_o	Подростки	0,0011225	0,0013709	0,0010163	0,0009208
	Взрослое население	0,0007858	0,0009596	0,0007114	0,0006445
HCR_i	Подростки	0,001475	0,002048	0,001617	0,000926
	Взрослое население	0,0010366	0,0014336	0,0011321	0,0006485
HCR_d	Подростки	0,000358	0,000843	0,000424	0,000576
	Взрослое население	0,000251	0,00059	0,000297	0,000403
TCR	Подростки	0,002955456	0,004262036	0,003057617	0,002423574
	Взрослое население	0,002072945	0,002983425	0,002140332	0,001696502

Примечание: *HCR* – индивидуальный канцерогенный риск. Индексы риска относятся к различным путям поступления вещества: *i* –ингаляция, *o* – перорально, *d* – накожно. Величина *SCR* отражает суммарный риск при поступлении ТМ разными путями из разных сред, $CR_т$ – общий канцерогенный риск для пути поступления; *TCR* – общий риск при одновременном воздействии нескольких канцерогенов различными путями.

Сравнительная оценка индивидуального канцерогенного риска на отдельных участках города позволяет выявить вклад отдельных зон в суммарную величину риска для всей анализируемой территории г. Казани. Так, наиболее высокий уровень суммарного канцерогенного индивидуального риска на изученных территориях города определяется у подростков и взрослых во 2-й зоне (0,00426 и 0,00298 соответственно) при меньших значениях в остальных зонах города (рис. 2). Величина суммарного канцерогенного риска *TCR* на изучаемых территориях при комплекс-

ном многосредовом поступлении ХВ у подростков и взрослого населения соответствует настораживающему уровню риска ($1{,}0 \cdot 10^{-3}$–$1{,}1 \cdot 10^{-4}$).

Суммарный канцерогенный риск для подростков при воздействии канцерогенов воды $РФЭ_{Me}$ и $РФЭ_{95Pers}$ является допустимым во всех зонах (табл. 3).

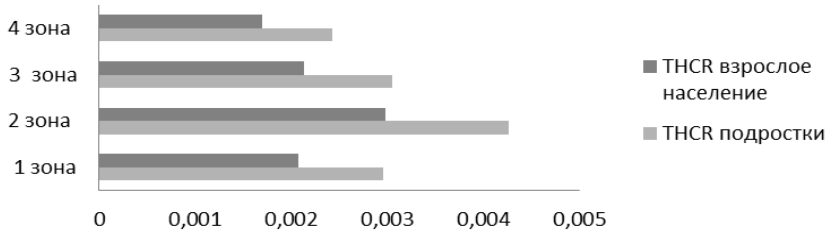


Рис. 2. Суммарные канцерогенные риски *THCR* изучаемых групп населения на территории г. Казани

Таблица 3

Суммарный канцерогенный риск (*TCR*) для здоровья подростков при воздействии канцерогенов питьевой воды

TCR	Зона			
	1	2	3	4
$РФЭ_{Me}$	1,67E-06	1,70E-06	1,05E-06	1,66E-06
$РФЭ_{95Pers}$	1,49E-05	1,65E-05	1,96E-05	1,46E-05
СФЭ	7,44E-06	8,23E-06	9,82E-06	7,31E-06
Различия, раз:				
$РФЭ_{Me}$ / СФЭ	0,224	0,207	0,107	0,227
$РФЭ_{95Pers}$ / СФЭ	2,0	2,0	2,0	2,0

Расчет уровней канцерогенного риска для этих канцерогенных веществ проводился с использованием стандартных значений и региональных факторов экспозиции на уровне *Me* и 95%-ного перцентиля (95 Perc). Различия в величине уровней канцерогенного риска составили 0,107–0,227 при ФЭ *Me* / СФЭ и 2,0 при ФЭ 95 Perc / СФЭ. В величину канцерогенного риска во всех зонах основной вклад вносят хлороформ и свинец. Хлороформ, содержащийся в питьевой воде, не обладает прямым генотоксическим действием, поэтому канцерогенный риск для него рассчитывался без применения возрастных коэффициентов (табл. 4).

Таблица 4

Суммарный канцерогенный риск (*TCR*) для здоровья подростков при воздействии канцерогенов питьевой воды с учетом поправочного коэффициента (age-dependent adjustment factor – ADAF)

TCR	Зона			
	1	2	3	4
$РФЭ_{Me}$	2,69E-06	3,23E-06	1,53E-06	3,16E-06
$РФЭ_{95Pers}$	2,54E-05	3,22E-05	3,52E-05	1,96E-05
СФЭ	1,27E-05	1,61E-05	1,76E-05	9,80E-06
Различия, раз:				
$РФЭ_{Me}$ / СФЭ	0,211	0,201	0,087	0,323
$РФЭ_{95Pers}$ / СФЭ	2,0	2,0	2,0	2,0

TCR, рассчитанный с учетом ADAF, превышает допустимый уровень в изучаемых зонах в 2 раза на уровне всех значений экспозиции. Сравнение результатов оценки канцерогенного риска, выполненное с учетом коэффициентов возрастной чувствительности по сравнению с традиционным подходом, выявило значительное различие в уровнях риска. *TCR*, рассчитанный с использованием возрастных коэффициентов, в 1,34–1,96 раза превышает уровни риска, полученные без учета восприимчивости к канцерогенам различных возрастных групп. Мы можем предположить, что в большинстве случаев основной вклад вносят в 3-м районе хлороформ, а в 4-м – металлы. Наиболее высокий уровень канцерогенного риска регистрируется во всех изучаемых зонах на уровне 95 Perc (максимально разумная экспозиция).

В данном исследовании концентрации химических веществ, используемых при расчетах рисков (в воде, атмосферном воздухе, продуктах питания, почве), не превышали гигиенические регламенты.

Выводы. Таким образом, проведение количественной оценки многосредового риска здоровью подростков позволило установить приоритетные по влиянию на здоровье населения различных возрастных групп среды, пути поступления и загрязняющие вещества. Однако нами была минимизирована неопределенность оценок экспозиции и риска для отдельных возрастных групп населения, позволившая использовать в расчетах региональные факторы экспозиции, отражающие чувствительность параметров. Суммарный канцерогенный риск при воздействии канцерогенов воды является допустимым только в 4-й зоне при всех изученных факторах экспозиции и при СФЭ во всех зонах. Использование РФЭ (кроме 4-й зоны) свидетельствует о превышении допустимого уровня.

Различия в региональных и стандартных значениях ФЭ влияют на уровни риска здоровью населения. Анализ уровней риска с использованием местных факторов и возрастных различий в экспозиции химических веществ, поступающих перорально с питьевой водой, показал, что применение стандартных значений в методологии оценки риска приводит к недооценке фактического канцерогенного риска для подростков.

Применение поправочных возрастных коэффициентов ADAF для количественной оценки канцерогенного потенциала с учетом возраста, используемых в данном исследовании, способствует методологическому развитию оценки риска и гармонизации ее с международными подходами к оценке повышенной чувствительности к воздействию факторов окружающей среды на здоровье подростков.

Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства Казанского федерального университета («ПРИОРИТЕТ-2030»).

Список литературы

1. Анализ правовой и методической базы риск-ориентированного надзора за продукцией, обращаемой на потребительском рынке: задачи и перспективы развития в Евразийском экономическом союзе / Н.В. Зайцева, И.В. Май, С.И. Сычик [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 4. – С. 4–22. DOI: 10.21668/health.risk/2017.4.01

2. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 [Электронный ресурс] // Президент России: официальный сайт. – URL: http://kremlin.ru/acts/bank/43027 (дата обращения: 20.03.2022).

3. 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 // ЗНиСО. – 2015. – № 12 (273). – С. 16–18.

4. Применение принципов доказательности при оценке причинной связи нарушений здоровья населения с воздействием вредных химических веществ в окружающей среде / С.А. Горбанев, В.П. Чащин, К.Б. Фридман [и др.] // Экология человека. – 2017. – № 11. – С. 10–17. DOI: 10.33396/1728-0869-2017-11-10-17

5. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / утв. и введ. в действие первым заместителем министра здравоохранения Российской Федерации, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 5 марта 2004 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200037399 (дата обращения: 03.03.2022).

6. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И. Окружающая среда и здоровье: приоритеты профилактической медицины // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 5. – С. 5–10.

7. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья / А.Ю. Попова, В.Б. Гурвич, С.В. Кузьмин [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 12. – С. 1125–1129. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129

8. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования / Ю.А. Рахманин, С.М. Новиков, С.Л. Авалиани [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2015. – № 2. – С. 4–11.

9. Фомина С.Ф., Степанова Н.В. Неканцерогенный риск для здоровья детского населения г. Казани, обусловленный контаминацией пищевых продуктов и сырья // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 4. – С. 42–48. DOI: 10.21668/health.risk/2017.4.04

10. Analytical research on toxicological stress on main organs / E.R. Valeeva, C.A. Ismagilova, A.I. Ziyatdinova [et al.] // International Journal of Pharmaceutical Research. – 2020. – Vol. 12, № 1. – P. 843–849. DOI: 10.31838/ijpr/2020.12.01.161

11. Assessment of adolescents' exposure to non-carcinogenic risk associated with drinking water / E.R. Valeeva, G.A. Ismagilova, N.V. Stepanova [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 11, № 10. – P. 1209–1213.

12. Endocrine disorders in children and adults caused by pesticides / N.V. Stepanova, R.Ya. Khamitova, I.A. Kiyasov [et al.] // European Journal of Clinical Investigation. Supplement. – 2020. – Vol. 50, № S1. – P. 55–56. DOI: 10.1111/eci.13369

13. European Food Safety Authority. The 2016 European Union report on pesticide residues in food // EFSA Journal. – 2018. – Vol. 16, № 7. – P. e05348. DOI: 10.2903/j.efsa.2018.5348

14. Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals [Электронный ресурс] // CDC (Centers for Disease Control and Prevention), U.S. Department of Health and Human Services. – 2018. – URL: https://www.cdc.gov/exposurereport/pdf/FourthReport_UpdatedTables_Volume1_Mar2018.pdf (дата обращения: 18.03.2022).

15. Results of adolescent health risk assessment on exposure to habitat water peroral factor in conditions of a large industrial city / E.R. Valeeva, N.V. Stepanova, G.A. Ismagilova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 107. – P. 012079.

16. Risk assessment of pesticide intake with local food products for adult health of the city of Kazan / N.V. Stepanova, E.R. Valeeva, A.I. Ziyatdinova [et al.] // Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. – 2020. – Vol. 8, № 2. – P. S349–S353.

Разработка методов оценки эффективности целевых мер по снижению потерь здоровью населения Пермского края

М.Р. Камалтдинов

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

Актуальность исследования вытекает из необходимости достижения целевых показателей, установленных национальными и региональными программами: показателей ожидаемой продолжительности жизни, показателей смертности от сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. Проблема, результатам решения которой посвящена данная статья, заключается в необходимости разработки актуальных подходов для исследования и анализа рисков потерь здоровья и комплексной оценки эффективности целевых мер по снижению смертности населения Пермского края от сердечно-сосудистых и онкологических (в том числе злокачественных) заболеваний. В статье рассмотрено решение «прямой» задачи в тройственной системе «медицинская деятельность – заболеваемость – смертность», которое заключается в выполнении прогнозирования изменения показателей заболеваемости и смертности при изменении показателей системы здравоохранения. Моделирование причинно-следственных связей проводится на основе методов математической статистики (корреляционно-регрессионного и факторного анализа) с последующей экспертизой полученных результатов на биологическое правдоподобие. Предложенные методы позволяют получать оценки потерь здоровью и выделять приоритеты в разрезе: муниципальных образований Пермского края, половозрастной структуры населения, подклассов заболеваний, степеней тяжести, направленности действий системы здравоохранения (профилактика, диагностика, лечение). Наибольшая результативность наблюдается на территориях с максимальными значениями показателей смертности, в этих территориях существуют резервы по снижению количества умерших за счет профилактики и диагностики заболеваний. Потенциальная предельная достижимость ожидаемой продолжительности жизни в Пермском крае за счет деятельности системы здравоохранения, направленной на профилактику и диагностику болезней системы кровообращения и онкологических заболеваний, в краткосрочной перспективе может достигнуть 73,1 г., в долгосрочной – более 80 лет. Представленные в статье методы и результаты исследований будут использованы в практической деятельности для достижения целевых показателей территориальных программ и для подбора оптимальной программы мероприятий по сокращению смертности населения Пермского края.

Ключевые слова: результативность системы здравоохранения, сердечно-сосудистые заболевания, онкологические заболевания, математическое моделирование, смертность, заболеваемость, предел управления потерями здоровья.

В рамках реализации программ Пермского края (ПК) «Качественное здравоохранение», «Совершенствование оказания первичной медико-санитарной помощи, специализированной, включая высокотехнологичную, медицинской помощи, скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи, медицинской эвакуации», Региональная программа Пермского края «Борьба с сердечно-сосудистыми заболеваниями» планируется достичь увеличения ожи-

даемой продолжительности жизни при рождении, снижения смертности от болезней системы кровообращения до 510,0 случая на 100 тыс. населения к 2024 г., снижения смертности от новообразований, в том числе злокачественных, в ПК до 191,3 случая на 100 тыс. населения к 2024 г.

Одними из эффективных способов увеличить ожидаемую продолжительность жизни, снизить заболеваемость и смертность населения являются увеличение финансирования медицины [4, 5, 8], улучшение и увеличение доступности для населения медицинских центров и возможность своевременного оказания медицинской помощи [1, 6, 12]. Одним из действенных способов предотвращения возникновения болезней системы кровообращения и злокачественных новообразований являются мероприятия по минимизации факторов риска окружающей среды и факторов образа жизни, программы диспансеризации больных, направленных на профилактику и раннее выявление заболеваний [10, 11]. В целом реформирование здравоохранения, усиление его профилактической направленности с преимущественным развитием массовых и экономически эффективных внебольничных форм деятельности за последние 10 лет оказало положительное влияние на состояние здоровья населения Российской Федерации (РФ) во всех возрастных группах [3].

Для количественных оценок в области эпидемиологи, здравоохранения и медицины традиционно применяют методы математической статистики. Так, в результате корреляционного анализа выявлена положительная связь между смертностью населения трудоспособного возраста регионов РФ и числом больничных коек, оборотом койки, обеспеченностью педиатрами, обеспеченностью терапевтами, исследовано влияние реструктуризации территориальных систем здравоохранения на смертность [2]. Аналогичный анализ может быть проведен и для территориально-административных единиц отдельных субъектов РФ [14]. Для оценок совокупного влияния факторов здравоохранения на смертность от болезней системы кровообращения и онкологических заболеваний используются множественные регрессионные модели [7, 13], в том числе с учетом пространственного распределения показателей [9].

К общим недостаткам представленных в литературе результатов исследований следует отнести учет только нескольких отдельных факторов здравоохранения, в то время как в официальной статистике (форма федерального статистического наблюдения № 30 «Сведения о медицинской организации») представлено более 1000 показателей. Кроме того, как правило, в качестве ответов со стороны здоровья рассматриваются только уровни классов заболеваний и причин смерти без детализации по нозологическим формам и учета их тяжестей.

В связи с этим **целью работы** являлась разработка подходов для исследования и анализа рисков потерь здоровья и комплексной оценки эффективности целевых мер по снижению смертности населения от сердечно-сосудистых и онкологических (в том числе злокачественных) заболеваний. Несмотря на то что построенные причинно-следственные связи и представленные в статье результаты получены на уровне муниципальных образований ПК, предложенная авторами методология может быть применена для любого субъекта РФ.

Материалы и методы. Источниками информации, необходимой для проведения расчетов по предложенным методикам, являются данные по муници-

пальным образованиям ПК: информация по случаям оказания медицинской помощи в рамках информационной системы «ПроМед» и данные реестра онкологических больных ПК (заболеваемость); данные таблицы «С-51» «Распределение умерших по полу, возрастным группам и причинам смерти» Федеральной службы государственной статистики (смертность); таблица 1ВСН-П «Численность населения по полу и возрасту на 1 января указанного года» Федеральной службы государственной статистики; форма федерального статистического наблюдения № 30 «Сведения о медицинской организации» (показатели деятельности системы здравоохранения).

На рис. 1 приведена общая схема решения прямой и обратной задач в тройственной системе «медицинская деятельность – заболеваемость – смертность». Возможности системы здравоохранения по управлению рисками преждевременной смерти оцениваются на основе расчета ассоциированной смертности, связанной со структурой выявленных случаев болезней системы кровообращения (БСК) и онкологических заболеваний в более ранних возрастах. Система здравоохранения за счет выполнения «целевых» точечных мероприятий (диагностических, лечебно-профилактических и реабилитационных) в определенных возрастных группах и территориях ПК способна изменить структуру заболеваемости населения, что в будущем приведет к снижению смертности населения.

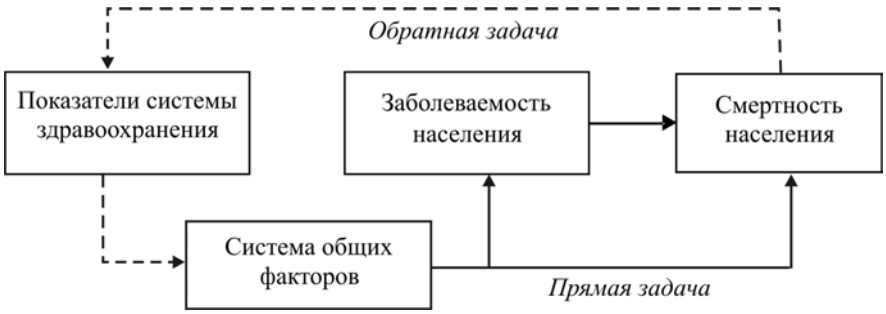


Рис. 1. Схема решения прямой и обратной задач в тройственной системе «медицинская деятельность – заболеваемость – смертность»

В данной статье рассмотрено только решение «прямой» задачи по цепи «показатели системы здравоохранения – система общих факторов – заболеваемость населения – смертность населения» и по цепи «показатели системы здравоохранения – система общих факторов – смертность населения». Решение «прямой» задачи заключается в выполнении прогнозирования изменения показателей смертности населения при изменении показателей системы здравоохранения. Моделирование причинно-следственных связей проводится на основе методов математической статистики (корреляционно-регрессионного и факторного анализа) с последующей экспертизой полученных результатов на биологическое правдоподобие.

Вид зависимости между показателями смертности и заболеваемости представлен множественной регрессионной моделью:

$$S_k = a_{0k} + \sum_i a_{ik} Z_{ik} \ , \qquad (1)$$

где S_k – зависимая переменная (показатель смертности в k-й половозрастной группе, сл./1000 населения); Z_{ik} – независимые переменные, i-й показатель заболеваемости населения в разрезе подклассов, половозрастных групп и тяжестей заболеваний, оказывающий влияние на показатель смертности в k-й половозрастной группе (сл./1000 населения); a_{0k}, a_{ik} – коэффициенты модели.

Коэффициенты a_{ik} в (1) принимают как положительные, так и отрицательные значения. Управление (снижение) риском демографических потерь (смертностью) возможно с помощью резерва снижения заболеваемости за счет профилактических мероприятий (положительные коэффициенты a_{ik}) и резерва ранней выявляемости заболеваний за счет диагностических мероприятий (отрицательные коэффициенты a_{ik}). При этом использовалась гипотеза, что заболеваемость в более ранних возрастах влияет на смертность населения в более старших. С точки зрения мероприятий по снижению смертности данную возрастную разницу можно обозначить временем достижения эффекта.

Ассоциированную смертность (потенциальные пределы управляемости), связанную с заболеваемостью населения БСК и онкологическими заболеваниями, рассчитывают как разность оценок по моделям при фактических уровнях независимых переменных и наилучших достижимых. В качестве наилучших достижимых (целевых) значений показателей заболеваемости при положительных коэффициентах a_{ik} используется 5-й персентиль показателя заболеваемости среди административно-территориальных единиц ПК; при отрицательных коэффициентах a_{ik} – 95-й персентиль значения показателя среди территорий ПК.

Переход от исходной системы показателей системы здравоохранения к общим факторам посредством процедуры факторного анализа обусловлен необходимостью понижения размерности данных и устранения внутренних корреляционных связей между показателями. Вид зависимости между факторами, характеризующими деятельностью системы здравоохранения, и смертностью населения представлен множественной регрессионной моделью:

$$S_i = b_{0i} + \sum_k b_{ik} F_{ik} \ , \qquad (2)$$

где S_i – показатель смертности в i-й половозрастной группе, сл./1000 населения; F_{ik} – фактор, характеризующий деятельностью системы здравоохранения оказывающий влияние на i-й показатель смертности; b_{0i}, b_{ik} – коэффициенты модели между факторами, характеризующими деятельностью системы здравоохранения, и смертностью населения. Моделирование причинно-следственных связей между деятельностью системы здравоохранения и заболеваемостью населения выполнялось аналогичным образом.

Результаты. По итогам анализа было получено: 1159 коэффициентов моделей, связывающих смертность населения со структурой выявленных БСК, и 126 коэффициентов моделей, связывающих смертность населения и онкологическую заболеваемость по обращаемости; 6780 моделей влияния показателей деятельности

системы здравоохранения на онкологическую заболеваемость по обращаемости и 4068 моделей влияния показателей деятельности системы здравоохранения на структуру выявленных заболеваний БСК.

Предложенные методы позволяют получать оценки потерь здоровью и выделять приоритеты в разрезе: муниципальных образований ПК, половозрастной структуры населения, подклассов заболеваний, степеней тяжести, направленности действий системы здравоохранения (профилактика, диагностика, лечение). Наибольшая результативность наблюдается на территориях с максимальными значениями показателей смертности, в этих территориях существуют резервы по снижению количества умерших за счет профилактики и диагностики заболеваний. На приоритетных территориях в краткосрочной перспективе смертность по причине БСК может быть снижена на 128–203 случаев на 100 тыс. населения (в целом по ПК на 135 случаев на 100 тыс. населения) (рис. 2). Первичные результаты проведенного анализа показали, что наибольшую результативность по снижению количества умерших следует ожидать за счет раннего выявления и профилактики болезней, характеризующихся повышенным кровяным давлением в возрасте от 55 до 59 лет.

Рис. 2. Территориальное распределение потенциальной предельной результативности (пределы управляемости) по снижению смертности по причине БСК в краткосрочной перспективе (до 2024 г.)

По результатам разработанных подходов потенциальная предельная достижимость ожидаемой продолжительности жизни (ОПЖ) в ПК за счет деятельности системы здравоохранения, направленной на профилактику и диагностику БСК и онкологических заболеваний, в краткосрочной перспективе может достигнуть 73,1 г., в долгосрочной – более 80 лет (таблица). При интенсификации показателей деятельности на 10 % прогнозная ОПЖ в краткосрочной перспективе достигнет 71,1 г., в долгосрочной – 71,9 г.

Выводы. Разработанные подходы позволяют выполнять оценку и прогнозирование рисков потерь здоровью от сердечно-сосудистых и онкологических (в том числе злокачественных) заболеваний на основе анализа причинно-следственных связей в тройственной системе «медицинская деятельность – заболеваемость – смертность», в том числе:

– оценку потенциальной предельной результативности по снижению количества умерших (пределов управляемости);

– оценку случаев предотвращенных смертей при реализации программы мероприятий (сценарное прогнозирование).

Достижимость показателей ОПЖ в ПК за счет деятельности системы здравоохранения, лет

Наименование сценария	Краткосрочный прогноз (до 2024 г.)	Долгосрочный прогноз
Интенсификация показателей деятельности на 10 %	71,1	71,9
Потенциальная предельная достижимость	73,1	Более 80 лет

Представленные в статье методы и результаты исследований предложены при выполнении научно-исследовательской работы по проекту «Анализ рисков потерь здоровья и комплексная оценка эффективности целевых мер по снижению смертности населения Пермского края от сердечно-сосудистых и онкологических (в том числе злокачественных) заболеваний», поддержанному грантом в форме субсидии из бюджета Пермского края, и будут использованы в практической деятельности для достижения целевых показателей территориальных программ и для подбора оптимальной программы мероприятий по сокращению смертности населения ПК.

Список литературы

1. Алленов А.М., Никифоров С.А., Казанцев В.С. Оценка влияния центров здоровья на эпидемиологическую ситуацию по болезням системы кровообращения в муниципальных образованиях Свердловской области // Общественное здоровье и здравоохранение. – 2016. – № 2. – С. 50–53.

2. Белова Е.П. Влияние реструктуризации территориальных систем здравоохранения на смертность населения трудоспособного возраста в регионах России // Инновации и инвестиции. – 2017. – № 8. – С. 108–112.

3. Динамика показателей заболеваемости в период реформирования системы здравоохранения Российской Федерации с 2006 по 2016 год / И.М. Сон, С.А. Лео-

нов, А.А. Савина, С.И. Фейгинова, В.М. Кураева // Менеджер здравоохранения. – 2019. – № 2. – С. 6–13.

4. Зарецкая Л.П., Зарецкая Ю.А. Проблемы современной бесплатной медицины // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 3. – С. 27–29.

5. Имильбаева Р.Р. Влияние оптимизационных мероприятий на эффективность системы здравоохранения: сравнительная характеристика регионов Приволжского федерального округа // Вестник экономики, права и социологии. – 2016. – № 3. – С. 148–151.

6. Клишин А.И. Проблемы развития здравоохранения Пермского края // Современные научные исследования и инновации. – 2016. – № 2 (58). – С. 422–424.

7. Козлов И.Д., Гракович А.А., Щербина О.Ф. Оценка влияния организационно-медицинских факторов на показатели смертности от болезней системы кровообращения // Кардиология в Беларуси. – 2014. – № 4 (35). – С. 5–14.

8. Лебедева-Несевря Н.А., Цинкер М.Ю. Методические подходы и практика оценки риска, связанного с воздействием социально-экономических факторов на популяционное здоровье в регионах России // Анализ риска здоровью. – 2015. – № 3. – С. 19–26.

9. Медико-социальные факторы и их пространственное влияние на смертность населения от болезней системы кровообращения (на примере Республики Башкортостан) / Р.А. Аскаров, И.А. Лакман, З.Ф. Аскарова, А.А. Агапитов // Российский кардиологический журнал. – 2017. – № 6. – С. 146–151.

10. Оляков И.В., Новиков В.К., Карузин С.В. Роль профилактических мероприятий в снижении смертности и частоты сердечно-сосудистых заболеваний // Здоровье и образование в XXI веке. – 2007. – Т. 9, № 2. – С. 111–112.

11. Профилактика и реабилитация – эффективные направления повышения уровня здоровья населения / А.И. Потапов, Н.И. Новичкова, Т.В. Чистякова, В.В. Пархоменко // Здравоохранение РФ. – 2012. – № 1. – С. 3–5.

12. Улумбекова Г.Э. Система здравоохранения Российской Федерации: итоги, проблемы, вызовы и пути решения // Вестник Росздравнадзора. – 2012. – № 2. – С. 33–39.

13. Чесноков П.Е., Куралесина Е.Н. Влияние системы здравоохранения на смертность от злокачественных новообразований в Воронежской области // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2013. – № 5. – С. 19–22.

14. Шибалков И.П., Голубева А.А. Исследование факторов, влияющих на смертность населения Томской области // Аллея науки. – 2016. – № 4. – С. 143–152.

Опыт работы по детекции генетического материала возбудителя COVID-19 в образцах внешней среды в Амурской области

О.П. Курганова[1], М.С. Шептунов[1], О.М. Юргина[2], Е.Н. Бурдинская[2], Ю.А. Натыкан[2]

[1]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Амурской области,
[2]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Амурской области» Роспотребнадзора,
г. Благовещенск, Россия

Одним из путей передачи возбудителя SARS-CoV-2 является контактный путь, который реализуется при непосредственном контакте с инфицированным человеком, а также через поверхности и предметы, контаминированные вирусом. С целью установления факта контаминации вирусом SARS-CoV-2 предметов окружающей среды проведены исследования по выявлению генетического материала возбудителя в образцах проб, отобранных с внешней среды. Исследования осуществлялись в соответствие с МР 3.1.0196-20. 3.1. «Профилактика инфекционных болезней. Выявление возбудителя COVID-19 в образцах внешней среды. Методические рекомендации» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 23.06.2020).

Ключевые слова: COVID-19, выявление генетического материала возбудителя SARS-CoV-2 в образцах внешней среды.

В ходе работы при проведении эпидемиологических расследований случаев групповой заболеваемости COVID-19 применялся метод отбора смывов с объектов внешней среды по месту трудовой деятельности заболевших COVID-19 для выявления генетического материала возбудителя SARS-CoV-2. Полученный опыт позволил определить ряд факторов, повышающих выявляемость положительных находок.

Согласно данным рекомендаций Минздрава России «Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)», версия 14 (27.12.2021), жизнеспособность SARS-CoV-2 зависит в первую очередь от температуры и агрегатного состояния окружающей среды [1]: при комнатной температуре (20–25 °C) SARS-CoV-2 способен сохранять жизнеспособность на различных объектах окружающей среды в высушенном виде до 3 сут, в жидкой среде – до 7 сут; при температуре +4 °C стабильность вируса сохраняется более 14 дней; при нагревании до 37 °C полная инактивация вируса происходит в течение одного дня; при 56 °C – в течение 45 мин; при 70 °C – в течение 5 мин; вирус чувствителен к ультрафиолетовому облучению дозой не менее 25 мДж/см^2 и действию различных дезинфицирующих средств в рабочей концентрации [1].

Обследованию подвергались объекты внешней среды из числа создающих наиболее высокие риски контактной передачи возбудителя, находящиеся в наиболее активном прямом контакте (дверные ручки, телефонные трубки, гаджеты, выключатели электрической сети, экраны и клавиатура регистрационных терминалов

(тонометры, пульсоксимерты), авторучки, карандаши в местах общего пользования (пункты выдачи товара, офисы, кассы, почтовые отделения и др.), кнопки лифтов, перила лестниц, клавиатура компьютеров и др. [2]. Кроме того, учитывался фактор отсутствия прямого действия ультрафиолетового облучения, а также высокую влажность и труднодоступность для проведения дезинфекции – шероховатые поверхности, щели, неровности и т.д.

Материал с поверхностей в местах с пребыванием большого количества людей отбирался в строгом соответствии с методическими указаниями МУК 4.2.734-99 «Микробиологический мониторинг производственной среды».

Таким образом, в рамках эпидемиологического расследования случаев групповой заболеваемости COVID-19 среди сотрудников двух торговых центров г. Благовещенска был оперативно организован выезд специалистов в очаги для проведения натурного обследования и отбора смывов ($n = 60$) с объектов внешней среды. Исследования проводились по методике ПЦР на тест-системах, зарегистрированных в Российской Федерации. Фрагменты SARS-CoV-2 обнаружены в 10 % случаев (6 положительных проб), на следующих объектах окружающей среды: туалет – ручка крана; туалет – ручка двери; туалет – шпингалет двери; туалет – кнопка слива унитаза; поручни эскалатора; помещение прессовки отходов – ручка двери.

По результатам работы определены основные принципы «результативного» отбора:

1) отбор материала проводить оперативно, одновременно с первым выходом специалистов на объект, с неукоснительным соблюдением требований МР 3.1.0196-20 в части подготовки персонала, методики отбора, упаковки и транспортировки проб;

2) отбор материала по возможности проводить до проведения дезинфекционных мероприятий на объекте;

3) при выборе объектов окружающей среды руководствоваться принципом «среда с повышенной влажностью и температурой ниже средней по объекту»: санитарные узлы, ванные комнаты, душевые, уборочный инвентарь, блоки кондиционеров и т.п.;

4) учитывать критические точки отбора.

Для объектов торговли критическими точками с наиболее оптимальными условиями сохранения вируса SARS-CoV-2 на объектах окружающей среды являются: барашки крана в туалетных (санитарных комнатах); кнопки слива унитаза; дверные и оконные ручки; поручни эскалатора, лестничных перил; ручки и карандаши общего пользования; кнопки и экраны терминалов, кассовых аппаратов, банкоматов; кнопки лифтов; тумбочки, ручки тумбочек, спинки стульев; все места контакта с руками по краям объектов с внутренней стороны.

На объектах транспортных узлов: ручки дверей; поручни эскалаторов, лестничных перил; барашки кранов туалетных (санитарных) комнат; ручки/шпингалеты дверей туалетных кабинок; кнопки смыва унитазов; кнопки механических дозаторов жидкого мыла; подлокотники кресел ожидания; на транспорте – поверхности столиков, кресел на подлокотниках, ручки дверей транспортных средств, поручни, внутренняя часть стекла (иллюминаторов).

Выявленные положительные находки явились лабораторным подтверждением установленных при натурном обследовании нарушений противоэпидемических и профилактических мероприятий, позволяющих достоверно обосновать сформировавшиеся на объекте риски распространения новой коронавирусной инфекции.

Выявленная совокупность нарушений на объектах и лабораторно подтвержденной вирусной контаминации в очаге позволили своевременно организовать эффективные противоэпидемические меры и ликвидировать эпидемический очаг.

Полученный опыт выявления генетического материала коронавируса SARS-CoV-2 в образцах внешней среды при работе в очагах заболеваемости COVID-19 в организованных коллективах, в ходе которого установлен ряда факторов, позволяющих существенно повысить выявляемость положительных находок, лег в основу разъяснений по вопросам реализации методических рекомендаций МР 3.1.0196-20. «Выявление возбудителя COVID-19 в образцах внешней среды» [3].

Список литературы

1. Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 14 (27.12.2021)» / утв. Минздравом России [Электронный ресурс]. – URL: https://xn--80aesfpebagmfblc0a.xn--p1ai/ai/doc/1213/attach/vmr_COVID-19_V14_27-12-2021.pdf (дата обращения: 14.02.2022).

2. МР 3.1.0196-20.3.1. Профилактика инфекционных болезней. Выявление возбудителя COVID-19 в образцах внешней среды. Методические рекомендации / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 23.06.2020 [Электронный ресурс] // КонсультенПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/ cons_doc_LAW_357477/ (дата обращения: 14.02.2022).

3. О разъяснениях реализации методических рекомендаций по выявлению возбудителя COVID-19 в окружающей среде: Письмо Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 14.06.2021 № 02/11865-2021-27. – М., 2021.

Аналитическая оценка загрязнения атмосферного воздуха и его негативного влияния на здоровье населения

С.Б. Легошина[1], И.Г. Зорина[2]

[1]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Челябинской области,
[2]ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава РФ,
г. Челябинск, Россия

Кардинальное снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в г. Челябинске, являющемся городом с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха и входящем в перечень 12 промышленных центров, на территории которых реализуется федеральный проект «Чистый воздух», является национальной задачей развития комфортной и безопасной среды

для жизнедеятельности. В связи с этим на территории населенных мест ежедневно проводится лабораторный контроль за состоянием загрязнения атмосферного воздуха.

Авторами проанализированы результаты оценки качества атмосферного воздуха на территории города Челябинска за 2017–2021 гг., полученные ФБУЗ «Центр гиены и эпидемиологии в Челябинской области», и определены основные органы мишени и классы опасности загрязняющих веществ, имеющих наибольший процент проб с превышением предельно допустимых концентраций, установлены причинно-следственные связи негативного воздействия на здоровье населения.

Всего за период с 2017 по 2021 г. на территории города в рамках социально-гигиенического мониторинга отобрано и исследовано 115 414 проб атмосферного воздуха по контролю за содержанием более 40 загрязняющих веществ, при этом количество проб с превышением предельно допустимых концентраций регистрировалось до 4,04 %.

Основные химические вещества, регистрирующиеся с превышением гигиенических нормативов, воздействуют на органы-мишени (дыхательные пути, органы кроветворения, костный мозг, центральная нервная система, периферическая нервная система, спинной мозг, кожа, слизистые оболочки глаз и т.д.).

С целью кардинального снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и обеспечения благоприятных условий проживания на территории города Челябинска в 2021 г. выполнены мероприятия по снижению выбросов загрязняющих веществ в рамках реализации проекта «Чистый воздух».

Ключевые слова: атмосферный воздух, предельно допустимые концентрации, органы мишени, классы опасности, аэрогенное воздействие, мероприятия по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Право на благоприятную окружающую среду является одним из неотъемлемых прав и свобод гражданина, при этом основой критериев оценки благоприятности окружающей среды, включающей качество атмосферного воздуха, является система нормирования качества и допустимого воздействия [5, 6].

На территории городов качество атмосферного воздуха формируется под влиянием сложного взаимодействия между природными и антропогенными факторами. Уровень загрязнения атмосферы при постоянных параметрах выбросов зависит от распределения температуры, скорости, направления ветра, влажности воздуха и интенсивности солнечной радиации, а также количества и продолжительности атмосферных осадков, приводящих к вымыванию примесей из атмосферы [2, 3].

К основным антропогенным факторам, влияющим на уровень загрязнения атмосферного воздуха, относятся: использование устаревших технологий на различных объектах, значительное количество топок частного сектора (котлов длительного горения), интенсивный рост числа передвижных источников загрязнения атмосферы с двигателями внутреннего сгорания, эксплуатируемых без учета пропускной способности уличной сети, существующей застройки и ошибок в планировке и застройке населенных пунктов в зоне повышенного природного потенциала загрязнения атмосферы, приводящих к размещению жилых массивов при отсутствии свободной циркуляции воздуха [7].

Комплексная химическая нагрузка, создаваемая в том числе за счет загрязнения атмосферного воздуха, является одним из санитарно-химических факторов, формирующих состояние здоровья населения, проживающего на территории Российской Федерации. Численность населения, подверженного воздействию данного фактора, составляет более 53 % [10].

Кардинальное снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в Челябинске, являющемся городом с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха и входящем в перечень 12 промышленных центров, на территории которых реализуется федеральный проект «Чистый воздух» [9], является национальной задачей развития комфортной и безопасной среды для жизнедеятельности.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) официально признала воздух в крупных городах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха причиной болезней органов дыхания (хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), астма, пневмония, рак легких), инсульта и ишемической болезни сердца. Около 17 % ежегодных преждевременных смертей от рака легких среди взрослых объясняется воздействием канцерогенов в результате загрязнения воздуха [8, 11].

В свою очередь Челябинск – один из крупнейших городов на территории Уральского федерального округа, промышленность которого представлена металлургическими, машиностроительными, химическими предприятиями, а также предприятиями по производству электроники и измерительной техники. Общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух города Челябинска составляет 283,1 тыс. т, в том числе опасных загрязняющих веществ – 276,64 тыс. т [1, 4, 10].

Цель исследования – проанализировать первичную заболеваемость взрослого населения г. Челябинска и выделить приоритетные классы болезней, связанные с загрязняющими веществами атмосферного воздуха, а также оценить реализацию комплексного плана мероприятий по снижению выбросов.

Материалы и методы. Лабораторный контроль за состоянием загрязнения атмосферного воздуха на территории г. Челябинска проводится ежедневно в порядке социально-гигиенического мониторинга аккредитованным Испытательным лабораторным центром ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области» в зоне влияния выбросов промышленных предприятий, автомагистралей с интенсивным движением транспорта, в зоне жилой застройки и на стационарном посту.

Всего за период с 2017 по 2021 г. на территории города отобрано 115 414 проб атмосферного воздуха по содержанию более 40 загрязняющих веществ: взвешенные вещества, диоксид серы, сероводород, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, аммиак, фенол, формальдегид, серная кислота, бенз(а)пирен, фтористый водород, хлор, хлористый водород, серная кислота, углеводороды – ароматические (бензол, толуол, ксилол, стирол, нафталин), алифатические предельные и алифатические непредельные (углеводороды C_{12}–C_{19}, уксусная кислота, ацетон, гексан), тяжелые металлы (свинец, кадмий, мышьяк, марганец, железо, медь, хром, цинк, магний, никель, ванадий), бензин и сажа, взвешенные частицы PM_{10}, взвешенные частицы $PM_{2.5}$.

Промышленными предприятиями, в зоне влияния которых осуществляется лабораторный контроль, являются АО «Челябинский электрометаллургический комбинат», ПАО «Челябинский металлургический комбинат» и ПАО «Челябинский трубопрокатный завод».

Для изучения первичной заболеваемости использовали статистическую форму № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения» и ежегодный государственный доклад главного государственного врача «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения города Челябинска» в 2017–2021 гг.

В работе применены гигиенический, аналитический и статистический методы исследования (использованы сплошной и выборочный методы).

Результаты. В 2017 г. первичная заболеваемость взрослого населения (18 лет и старше), проживающего на территории г. Челябинска, составила 800,72 на 1000 взрослого населения, в 2018 г. – 813,67 на 1000 взрослого населения, в 2019 г. – 980,50 на 1000 взрослого населения и в 2020 г. – 1056,40 на 1000 взрослого населения [8]. В ходе проведенного исследования за четыре года выявлен рост первичной заболеваемости взрослого населения на 31,9 %.

Динамика первичной заболеваемости взрослого населения г. Челябинска, ассоциированной с аэрогенным воздействием техногенных химических веществ, представлена в табл. 1.

Таблица 1

Динамика первичной заболеваемости взрослого населения (18 лет и старше), ассоциированной с аэрогенным воздействием техногенных химических веществ в 2017–2020 гг. (на 1000 взрослого населения)

Класс болезней	Класс по МКБ-10	Год				Ранг
		2017	2018	2019	2020	
II. Новообразования	C00–D48	14,33	16,16	16,95	20,38	IV
III. Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм в том числе: анемии	D50–D89	1,11	1,27	1,28	1,29	VI
		1,06	1,23	1,22	1,11	–
YI. Болезни нервной системы	G00–G99	9,31	11,29	11,55	12,19	V
YII. Болезни глаза и его придаточного аппарата	H00–H59	31,79	39,74	41,06	33,32	III
X. Болезни органов дыхания в том числе: бронхит хронический и неуточенный; эмфизема	J00–J99	320,54	299,81	338,80	432,22	I
		13,16	16,68	18,43	16,24	–
XI. Болезни органов пищеварения	K00–K93	32,44	49,28	47,59	40,59	II
Всего	–	800,72	813,67	980,5	1056,4	–

Приоритетными классами болезней, ассоциированными с аэрогенным воздействием техногенных химических веществ, являются заболевания органов дыхания, болезни глаза и его придаточного аппарата, новообразования, болезни крови, иммунной и нервной систем.

Для объективной гигиенической оценки воздействия аэрогенного химического фактора на первичную заболеваемость населения г. Челябинска авторами проанализированы данные за пять лет. Превышения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Челябинска представлены в табл. 2.

Доля проб атмосферного воздуха с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в 2021 г., по сравнению с 2017 г., взятых для сравнительного анализа качества атмосферного воздуха на мониторинговых постах в зоне влияния промышленных предприятий, увеличилась на 0,64 %, при этом самый высокий уровень зарегистрирован в 2021 г.

Проанализировав объемы и перечень наименований загрязняющих веществ, поступающих в воздух населенных мест в выбросах вышеуказанных предприятий,

можно обнаружить тенденцию присутствия единообразных веществ, таких как марганец и его соединения, азота диоксид, азот оксид, углерод оксид, железа оксид, сера диоксид, твердые взвешенные частицы. При этом в рамках лабораторного контроля также регистрируются превышения по данным компонентам.

Таблица 2

Превышения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Челябинска за 2017–2021 гг. (абс. / %)

Мониторинговые посты	2017		2018		2019		2020		2021	
	Исследовано проб	С превышением ПДК, %	Исследовано проб	С превышением ПДК, %	Исследовано проб	С превышением ПДК, %	Исследовано проб	С превышением ПДК, %	Исследовано проб	С превышением ПДК, %
Всего	8742	2,98	8733	3,37	7505	1,47	42674	2,88	47757	4,04
Маршрутные и подфакельные исследования	4652	3,5	4864	2,88	3497	1,2	17947	3,16	24551	4,14
Вблизи автомагистралей в зоне жилой застройки	943	5,6	888	4,28	768	2,47	19260	3,11	19902	4,38
На стационарных постах	3147	1,4	2981	3,89	3243	1,51	5467	1,17	3304	1,33

На автомагистралях и в зоне жилой застройки доля проб атмосферного воздуха с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в 2021 г. снизилась на 1,22 %, при этом самый высокий уровень превышения зарегистрирован в 2017 г.

На стационарном посту доля проб атмосферного воздуха с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ снизилась на 0,07 %, при этом самый высокий уровень превышения зарегистрирован в 2019 г.

По данным государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения города Челябинска в 2021 году», в 2021 г. наибольший процент проб с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ регистрировался по содержанию 27 веществ: 1,2-дихлорэтану; азота оксиду; азота диоксиду; бенз(а)пирену; бензину; бензолу; взвешенным частицам PM_{10}; взвешенным частицам $PM_{2.5}$; фенолу; сероводороду; ксилолу; керосину; марганцу и его соединениям; толуолу; натрия гидроксиду; нафталину; акролеину; пыли неорганической с содержанием SiO_2 20–70 %; пыли неорганической с содержанием SiO_2 > 70 %; сера диоксиду; сольвенту нафта; трихлорэтилену; углерод оксиду; формальдегиду; гидрофториду (фтористым соединениям); стиролу; этилбензолу.

В качестве примера в табл. 3 приведены химические вещества с превышением доли проб предельно допустимых концентраций, зарегистрированные в 2021 г.

Исходя из приведенных данных, можно сказать, что круг химических примесей, фиксируемых при проведении инструментальных исследований на территории города, имеет широкое разнообразие с превалированием химических веществ 2-го и 3-го классов опасности, являющихся умеренно опасными, высокоопасными, и преобладанием 1-го класса опасности (бенз(а)пирен).

Таблица 3

Химические вещества с превышением доли проб предельно допустимых концентраций, зарегистрированные в 2021 г.

Химическое вещество	Доля проб с превышением ПДК, %
Диметилбензол (ксилол)	29,22
Бенз(а)пирен	9,38
Акролеин	6,9
Метилбензол (толуол)	4,05
Нафталин	3,29
Азота диоксид	1,95
Формальдегид	1,86
Бензол	1,2
Азота оксид	0,55
Дигидросульфид (сероводород)	0,32
Стирол	0,26
Марганец	0,26

Рост доли проб атмосферного воздуха с превышением ПДК в 2021 г., по сравнению с 2017 г., на 1,06 % провоцирует увеличение аэрогенного риска для здоровья населения г. Челябинска.

Основные органы-мишени и классы опасности загрязняющих веществ представлены в табл. 4.

По результатам анализа между значениями концентраций загрязняющих веществ и динамикой заболеваемости органов дыхания, центральной нервной системы, системы кроветворения, иммунной системы, новообразованиями взрослого населения установлены вероятные негативные воздействия загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения.

Таблица 4

Основные органы-мишени и классы опасности загрязняющих веществ, абс.

Загрязняющие вещества	Класс опасности	Органы-мишени
Диметилбензол (ксилол)	3	Дыхательные пути, органы кроветворения, костный мозг, центральная нервная система, периферическая нервная система, спинной мозг, кожа, слизистые оболочки глаз
Бенз(а)пирен	1	Органы дыхания, иммунная система, новообразования
Акролеин	2	Органы дыхания, иммунная система, органы зрения
Метилбензол (толулол)	4	Органы дыхания, центральная нервная система
Нафталин	4	Дыхательные пути, центральная нервная система, органы пищеварения
Азота диоксид	3	Органы дыхания, органы кроветворения
Формальдегид	2	Дыхательные пути, центральная нервная система, органы пищеварения, почки, органы зрения
Взвешенные частицы	3	Органы дыхания
Дигидросульфид (сероводород)	4	Органы дыхания
Стирол	2	Дыхательные пути, центральная нервная система
Марганец	2	Центральная нервная система, кровь, новообразования

В рамках реализации Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» с целью кардинального снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и обеспечения благоприятных условий проживания на территории г. Челябинска разработан, откорректирован и утвержден Правительством Российской Федерации комплексный план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух № 5387п-П11 от 31.05.2021 (ранее № 11023-п-П6 от 28.12.2018). Кроме того, заключены четырехсторонние соглашения с 10 промышленными предприятиями (АО «Челябинский электрометаллургический комбинат»; ПАО «Челябинский цинковый завод»; ПАО «Челябинский кузнечно-прессовый завод»; Филиал ООО «Завод «ТЕХНО» г. Челябинска; АО «Мечел»; ООО «Мечел-Кокс»; ПАО «Челябинский металлургический комбинат»; ПАО «Челябинский трубопрокатный завод»; ЗАО «Завод Минплита»; ООО «Промрекультивация») с перечнем мероприятий, направленных на снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

В структуру комплексного плана мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в г. Челябинске входят более 45 мероприятий, включающих перевод транспорта на экологические виды топлива, обновление транспортного подвижного состава, рекультивацию территории, занятой городской свалкой, в Металлургическом районе и внедрение на промышленных предприятиях новых технологий, наилучших из доступных, в том числе модернизацию пылегазоочистного оборудования (2 КП).

В рамках реализации Комплексного плана, направленного на кардинальное снижение выбросов загрязняющих веществ в г. Челябинске, в настоящее время завершены работы по рекультивации территории городской свалки в Металлургическом районе г. Челябинска с количеством освоенных денежных средств в объеме 3,816 млрд руб., из них 2,936 млрд руб. выделено из федерального бюджета. В результате выполненного мероприятия размер снижения совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в 2021 г. составил 22,18 % по отношению к 2017 г. Выполнена замена общественных транспортных средств низкого экологического класса на 157 автобусов более высокого класса, работающих на сжиженном и компримированном природном газе, проведена модернизация и реконструкция газоочистного оборудования в электросталеплавильных и доменных цехах на промышленных предприятиях ПАО «Челябинский металлургический комбинат», в углеподготовительных цехах ООО «Мечел-Кокс».

Выводы. При оценке четырехлетней (2017–2020 гг.) динамики первичной заболеваемости взрослого населения (18 лет и старше) выявлено ее увеличение на 31,9 %. Приоритетными классами болезней являются заболевания органов дыхания, болезни глаза и его придаточного аппарата, новообразования, болезни крови, иммунной и нервной систем, ассоциированные с аэрогенным воздействием техногенных химических веществ, занимающие с I по VI ранговые места.

Рост доли проб атмосферного воздуха с превышением ПДК в 2021 г. в сравнении с 2017 г. на 1,06 % провоцирует увеличение аэрогенного риска для здоровья населения города Челябинска. Отмечено широкое разнообразие с превалированием химических веществ 2-го и 3-го классов опасности, являющихся умеренно опасными, высокоопасными, и преобладанием 1-го класса – чрезвычайно опасными (бенз(а)пирен).

Выявлено, что регистрация первичной заболеваемости среди взрослого населения по вышеуказанным нозологиям закономерна по причине резорбтивного воздействия загрязняющих веществ с превышением предельно допустимых концентраций в атмосферном воздухе на данные органы мишени.

Реализация мероприятий Комплексного плана, направленного на кардинальное снижение выбросов загрязняющих веществ, с условием индивидуального подхода оценки каждого выполненного мероприятия в снижении совокупного объема выбросов и в улучшении качества атмосферного воздуха, позволит обеспечить снижение роста ассоциированной с аэрогенным воздействием техногенных химических веществ заболеваемости взрослого населения.

Список литературы

1. 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 [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 4. – С. 30–36. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.03

2. Боголюбов С.А. Реализация экологической политики посредством права. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 320 с.

3. Ефремов А.А. Влияние природных и антропогенных факторов на здоровье населения городов России с разным потенциалом загрязнения атмосферы // Метеорологический вестник. – 2018. – Т. 10, № 3. – С. 48–100.

4. Зайцева Н.В. Эффективность и резервы достижения стратегических приоритетов в снижении неинфекционных заболеваний, связанных с факторами окружающей среды // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Пермь, 2019. – С. 7–12.

5. Конституция Российской Федерации / принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 года (с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http: //www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/ (дата обращения: 18.03.2022).

6. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 (с изменениями на 21 июля 2020 года) [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/557309575 (дата обращения: 18.03.2022).

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.

8. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения города Челябинска в 2021 году: Государственный доклад. – Челябинск: Управление Роспотребнадзора по Челябинской области, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области, 2022. – 151 с.

9. Паспорт нацпроекта «Экология» / утв. 24.12.2018 [Электронный ресурс] // Минприроды России. – URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/ directions/natsionalnyy_ proekt_ekologiya/ (дата обращения: 02.12.2021).

10. 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. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.01

11. Приоритетные направления санитарно-эпидемиологического благополучия региона в сфере охраны окружающей среды / И.Г. Зорина, В.Д. Соколов, С.Б. Легошина, Е.С. Чистякова // Прорывные научные исследования как двигатель науки: монография / под ред. А.А. Сукиасян. – Уфа: Omega science, 2021. – С. 118–133.

Прогнозирование рисков нарушения здоровья, наносимого несоблюдением требований к безопасности пищевой продукции, с учетом изменения объемов потребления на период до 2024 г.

И.В. Май, С.В. Клейн, В.М. Чигвинцев, С.А. Вековшинина

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

Представлены результаты исследования по прогнозированию рисков нарушения здоровья населения Российской Федерации, наносимого несоблюдением требований к безопасности пищевой продукции, с учетом изменения объемов потребления. Определены риски здоровью населения в 2019 г. и на период до 2024 г. Установлены группы пищевой продукции, которые, согласно прогнозу, будут создавать наиболее высокие уровни риска нарушения: «Кулинарные изделия, вырабатываемые по нетрадиционной технологии», «Биологически активные добавки к пище», «Консервы, из них импортируемые».

Ключевые слова: безопасность, пищевая продукция, риски здоровью, прогноз рисков, объемы потребления.

По данным Всемирной организации здравоохранения (далее – ВОЗ) небезопасные продукты питания [1], содержащие болезнетворные бактерии[1], вирусы[2], паразитов[3] или вредные химические вещества[4], являются причиной более 200 острых и хронических заболеваний. В первом докладе ВОЗ по оценке глобального

[1] *Salmonella*, *Campylobacter* и энтерогеморрагический штамм кишечной палочки *Escherichia coli*, *Listeria*, Холерный вибрион (*Vibrio cholerae*).

[2] Норовирусные инфекции, вирус гепатита А.

[3] *Echinococcus spp*., *Taenia solium*, *Ascaris*, *Cryptosporidium*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia*.

[4] Токсины природного происхождения (микотоксины, морские биотоксины, цианогенные гликозиды и токсины, которые содержатся в ядовитых грибах), стойкие органические загрязнители (диоксины, полихлорированные бифенилы и пр.), тяжелые металлы (свинец, кадмий и ртуть).

бремени болезней пищевого происхождения [3] указывается, что в 2010 г. 31 вид угроз стал причиной возникновения 600 млн случаев заболеваний пищевого происхождения во всем мире, что эквивалентно 33 млн лет жизни с поправкой на инвалидность (DALY), а также спровоцировали 420 тыс. летальных исходов.

Ожидается, что в будущем глобальное бремя болезней пищевого происхождения еще более возрастет под воздействием таких факторов, как международная торговля, изменения в пищевых привычках и методах производства сельскохозяйственных работ, а также изменение климата.

Как указано в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20, «…Санитарно-эпидемиологические угрозы, связанные с возникновением и распространением инфекционных и неинфекционных заболеваний населения вследствие нарушения обязательных требований к обеспечению безопасности и качества продукции на всех стадиях ее оборота на потребительском рынке, могут существенно снизить продовольственную безопасность Российской Федерации».

Стратегическая цель продовольственной безопасности – обеспечение населения страны безопасной, качественной и доступной сельскохозяйственной продукцией, сырьем и продовольствием в объемах, обеспечивающих рациональные нормы потребления пищевой продукции.

Таким образом, снижение рисков нарушения здоровья, связанных с показателями качества, безопасности и сбалансированности питания, является одной из важнейших задач, поставленных перед органами государственной власти Российской Федерации в целом и органами санитарно-эпидемиологического надзора в частности [3–6].

Материалы и методы. В качестве информационной базы для прогноза рисков нарушения здоровья населения Российской Федерации до 2024 г. использовали данные государственной статистики:

1) форма федерального статистического наблюдения № 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации» (раздел 8 «Гигиеническая характеристика продовольственного сырья и пищевых продуктов»);

2) данные Росстата «Потребление основных продуктов питания по Российской Федерации» (на душу населения в год; килограммов);

3) статистические материалы Минздрава России «Заболеваемость взрослого и детского населения в России» за 2016–2018 гг.;

4) статистический сборник Минздрава России «Медико-демографические показатели Российской Федерации» за 2016–2018 гг.

Потенциальный риск нарушения здоровья вследствие употребления населением конкретного пищевого продукта ($R^I_{\text{пищ}}$), не соответствующего требованиям безопасности (т.е. нарушающих законодательные требования к безопасности), рассчитывали по формуле (1):

$$R^I_{\text{пищ}} = \sum_i \left(p^I_i \cdot u^I_i \right) \cdot W , \qquad (1)$$

где p^I_i – вероятность нарушений обязательных требований безопасности к пищевой продукции по *i*-му фактору опасности (химические вещества, микробные и па-

разитарные агенты, радиологические показатели, генно-модифицированные организмы и т.д.) в 2019 г. или в 2024 г.;

u_i^I – относительный вред здоровью, формируемый нарушением санитарно-эпидемиологических требований к *i*-му фактору опасности пищевой продукции;

W – коэффициент, характеризующий изменение объемов потребления различной пищевой продукции в 2019 г. или в 2024 г.

Потенциальные риски нарушения здоровья рассчитывали по состоянию на 2019 и на 2024 г.

Для оценки риска по состоянию на 2019 г. в качестве показателя «частота (вероятность) нарушений обязательных требований безопасности к пищевой продукции по *i*-му фактору опасности в ходе одной проверки (p_i^I)» использовали данные таблицы 8 формы № 18 за 2019 г. Значение коэффициента (*W*), характеризующего изменение объемов потребления пищевой продукции, рассчитывали как отношение фактического объема годового потребления продукции на одного жителя в 2019 г. к объему потребления в 2024 г. в кг/г./чел., по формуле (2):

$$W = \frac{V}{V_{\text{РФ}}}, \tag{2}$$

где *V* – фактическое потребление пищевых продуктов в 2019 г. на одного жителя (кг/г., шт./г.); $V_{\text{РФ}}$ – потребление пищевых продуктов в 2024 г. (кг/г., шт./г.).

Для оценки риска по состоянию на 2024 год значение показателя «частота (вероятность) нарушений обязательных требований безопасности к пищевой продукции по *i*-му фактору опасности в ходе одной проверки (p_i^I)» получали в результате экстраполяции показателя на 2024 г. на основании имеющихся данных за 2015–2019 гг.

Значение коэффициента (*W*), характеризующего изменение объемов потребления в 2024 г. относительно 2019 г., рассчитывали с учетом изменения объемов производства пищевой продукции по данным документа «Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2024 года» (от 30 сентября 2019 г.), подготовленного Минэкономразвития РФ.

Частоту (вероятность) нарушений обязательных требований безопасности к пищевой продукции по *i*-му фактору опасности в ходе одной проверки (p_i^I) определяли по данным формы 18 как отношение числа результатов исследований с нарушением требований и норм к общему числу исследований по формуле (3):

$$p_i^I = \frac{m_i}{n_i}, \tag{3}$$

где m_i – число исследований пищевой продукции с превышением нормативного значения *i*-го фактора в год; n_i – общее число исследований *i*-го фактора в год.

Для оценки потенциального риска причинения вреда здоровью использовали величину 95%-ного персентиля нарушений нормативов по каждому исследованному *i*-му фактору.

Для каждого вида пищевой продукции выполняли идентификацию опасности (химическая, микробиологическая, паразитологическая, радиационная и др.) и ус-

танавливали вероятные виды нарушений здоровья, которые могут возникнуть при реализации указанных опасностей.

Потенциальный риск здоровью (u_i^I), связанный с нарушением *i*-го фактора конкретного пищевого продукта, определяли на основе моделирования причинно-следственных связей между относительной частотой выявления нарушения санитарных требований и нормативов к конкретному фактору и нарушениями здоровья потребителей.

Выявленные связи характеризовали коэффициентами регрессии (α).

Для каждого вида пищевой продукции относительный вред здоровью, связанный с нарушением *i-го* фактора, вычисляли как сумму коэффициентов регрессии, взвешенных по тяжести заболеваний или смерти по формуле (4):

$$u_i^I = \sum_k \alpha_{ik} \cdot g_k , \qquad (4)$$

где α_{ik} – коэффициент регрессионной модели, показывающий частоту нарушений здоровья по *k*-й нозологической форме в случае отклонения *i*-го фактора от нормы; g_k – тяжесть *k*-й нозологической формы.

Результаты. Согласно данным Росстата[5], потребление продуктов питания в Российской Федерации за период 2015–2019 гг. по основным группам продуктов увеличилось на 0,43–5,88 %, за исключением картофеля (-2,2 %), хлебных продуктов (-1,69 %), рыбы и рыбопродуктов (-5,38 %).

Показатели потребления продуктов питания в домашних хозяйствах несколько отличаются от показателей потребления основных продуктов питания по Российской Федерации в целом. За период 2015–2019 гг. в домашних хозяйствах уменьшилось только потребление молока и молочных продуктов (на 0,35 %), а всех остальных продуктов – увеличилось на 0,79–7,62 %.

«Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2024 года»[6] предполагает к 2024 г. увеличение объемов производства сельскохозяйственной продукции на 12 % относительно 2018 г., производства пищевых продуктов – на 22,5 %.

Согласно «Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года»[7] планируется увеличение к 2024 г. потребления рыбы и рыбопродуктов в домашних хозяйствах Российской Федерации на 0,9 кг/г./чел. (с 22,2 до 23,1 кг/г./чел.).

---

[5] Потребление основных продуктов питания населением Российской Федерации [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. – URL: https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13278 (дата обращения: 18.03.2022).

[6] Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2024 года [Электронный ресурс]. – URL: https://economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya/prognoz_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_rf_na_period_do_2024_goda_.html (дата обращения: 18.03.2022).

[7] Об утверждении Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2020 года № 993-р [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/564654448 (дата обращения: 18.03.2022).

Исходя из предположения, что вся пищевая продукция, которую планируется произвести в 2024 г. в Российской Федерации, будет потреблена на территории страны, были рассчитаны прогнозные величины потребления пищевых продуктов (табл. 1).

Таблица 1

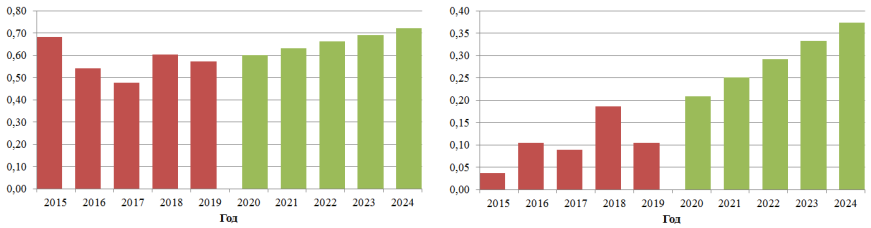
Прогнозные величины потребления пищевых продуктов населения Российской Федерации в 2024 г., на душу населения в год, килограммов

Наименование продукта	Прогноз потребления основных продуктов питания в 2024 г.	
	по РФ в целом	в домашних хозяйствах
Мясо и мясопродукты в пересчете на мясо	91,1	107,2
Молоко и молочные продукты в пересчете на молоко	241,5	278,8
Яйца и яйцепродукты (шт.)	309	252
Сахар	40,1	32,3
Масло растительное	15,6	–
Картофель	97,4	64,3
Овощи и продовольственные бахчевые культуры	119,5	117,5
Хлебные продукты (хлеб и макаронные изделия в пересчете на муку, мука, крупа и бобовые)	108,9	90,3
Рыба и рыбопродукты	–	23,1

В связи с тем что показатели потребления продуктов питания по Российской Федерации значительно отличаются от показателей потребления в домашних хозяйствах, в дальнейшем использовали только показатели для РФ в целом.

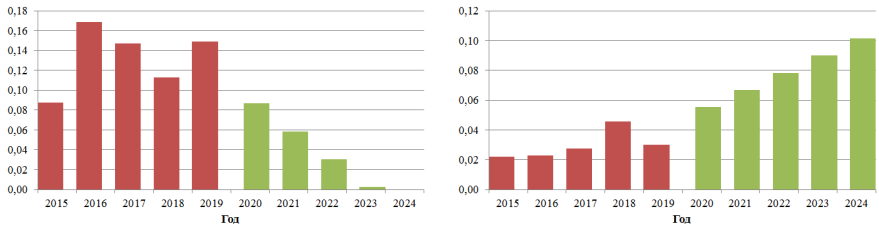
Для прогнозной оценки безопасности пищевой продукции величины 95%-ного персентиля нарушений нормативов по каждому исследованному *i*-му фактору опасности пищевой продукции (химическая, микробиологическая, паразитологическая, радиационная и др.) за 2015–2019 гг. экстраполировали на 2024 г. Примеры эктраполяции данных о вероятности нарушения гигиенических нормативов представлены на рис. 1 (*а*, *б*) и 2 (*а*, *б*).

Оценка и прогнозирование рисков нарушения здоровья в результате несоблюдения требований к безопасности пищевой продукции, с учетом изменения объемов потребления на период до 2024 г. показало, что наиболее «рисковой» пищевой продукцией являются кулинарные изделия, вырабатываемые по нетрадиционной технологии, консервы, биологически активные добавки к пище, молоко и молочные продукты, рыба и рыбные продукты, мясо и мясные продукты (табл. 2).



а *б*

Рис. 1. Прогноз вероятности нарушения микробиологических показателей безопасности в отношении: кулинарных изделий, вырабатываемых по нетрадиционной технологии (*а*); биологически активных добавок к пище (*б*)



а *б*

Рис. 2. Прогноз вероятности фальсификации в отношении: молока, молочных продуктов (*а*); рыбы, рыбных продуктов и других гидробионтов (*б*)

Таблица 2

Ранжирование групп пищевой продукции по уровню риска здоровью населения РФ

Группа пищевой продукции	2019 год		2024 год		Ранг по сумме рангов
	Риск	Ранг	Риск	Ранг	
Кулинарные изделия, вырабатываемые по нетрадиционной технологии (из стр. 13)	6,55E-02	2	2,98E-04	3	1
Консервы из них импортируемые	5,34E-02	4	2,27E-03	1	1
Биологически активные добавки к пище	9,65E-03	12	3,44E-04	2	2
Молоко, молочные продукты	1,95E-02	8	1,78E-05	13	3
Рыба, рыбные продукты и др. гидробионты	7,83E-03	13	4,93E-05	8	3
Мясо и мясные продукты (из стр. 1)	6,09E-03	14	5,04E-05	7	3
Консервы	3,61E-03	17	2,39E-04	4	3
Бахчевые культуры	3,14E-03	18	1,27E-04	5	4
В том числе консервы рыбные (из стр. 56) из них импортируемые (из стр. 58)	6,68E-02	1	–	26	5
пресервы (из стр. 58)	5,62E-02	3	–	26	6
Алкогольные напитки в том числе пиво (из стр. 43)	5,04E-02	5	–	26	7
В том числе пресервы (из стр. 58) из них импортируемые (из стр. 60)	2,88E-02	6	–	26	8
Безалкогольные напитки	2,27E-02	7	–	26	9
Кулинарные изделия цехов и предприятий общественного питания, реализующих свою продукцию через торговую сеть (из стр. 13)	1,32E-03	22	2,69E-05	11	9
Хлебобулочные изделия	4,06E-04	27	8,79E-05	6	9
рыба, рыбные продукты и др. гидробионты из них импортируемые	1,72E-03	19	6,23E-06	15	10
Кулинарные изделия	1,16E-03	24	2,75E-05	10	10
Из них импортируемые (из стр. 60) вода, расфасованная в емкости	1,67E-02	9	–	26	11
Птица и птицеводческие продукты	1,37E-03	21	1,70E-05	14	11
Безалкогольные напитки, из них импортируемые	1,30E-03	23	1,81E-05	12	11
Пищевые добавки, ароматизаторы, технологические вспомогательные средства, из них импортируемые	1,47E-02	10	–	26	12

Окончание табл. 2

Группа пищевой продукции	2019 год		2024 год		Ранг по сумме рангов
	Риск	Ранг	Риск	Ранг	
Бахчевые культуры, из них импортируемые	1,03E-02	11	–	26	13
минеральные воды	1,67E-04	31	3,22E-05	9	14
В том числе: консервы рыбные (из стр. 56)	5,99E-03	15	–	26	15
Столовая зелень (из стр. 26)	4,79E-03	16	–	26	16
Картофель (из стр. 23), из них импортируемый (из стр. 25)	7,60E-04	26	3,83E-06	18	17
Прочие всего	3,94E-04	28	5,86E-06	16	17
Продукция предприятий общественного питания	1,51E-03	20	–	26	18
Масложировые продукты	3,12E-04	29	1,93E-06	20	19
Грибы (из стр. 33)	7,61E-04	25	–	26	20
Плоды и ягоды (из стр. 26), из них импортируемые (из стр. 36)	2,14E-04	30	1,82E-06	21	20
Картофель (из стр. 23)	9,65E-05	32	2,83E-06	19	20
Консервы овощные (из стр. 56)	8,32E-05	33	–	26	21
Соки	1,03E-05	37	2,01E-07	22	21
Зерно и зернопродукты	–	42	4,29E-06	17	21
Консервы молочные (из стр. 56)	7,70E-05	34	–	26	22
В том числе (из стр. 52): для детей 0–3 лет, из них импортируемые (из стр. 54)	4,34E-05	35	–	26	23
Из них импортируемые (из стр. 54) для детей 3–6 лет	3,19E-05	36	–	26	24
Мясо и мясные продукты (из стр. 1), из них импортируемые	4,06E-06	40	4,26E-08	23	25
Соки из них импортируемые	1,02E-05	38	–	26	26
Продукты детского питания	8,20E-06	39	3,60E-09	25	26
Плоды и ягоды (из стр. 26)	1,52E-06	41	2,61E-08	24	27

Сравнительная оценка рисков нарушения здоровья в 2024 г., по сравнению с 2019 г., в отношении каждой группы продуктов питания показала, что на уровень риска в большей степени влияет несоблюдение требований к безопасности пищевой продукции, чем изменение объемов потребления пищевой продукции.

Так, в группе продуктов «Биологически активные добавки к пище» на 2024 г. прогнозируется рост доли проб с нарушениями нормативов по микробиологическим показателям в 3,56 раза, по физико-химическим показателям в 6,86 раза, по показателям фальсификации на 53,2 %, по сравнению с 2019 г.

В группе продуктов «Консервы, из них импортируемые», вероятно, увеличение доли проб с превышением гигиенических нормативов по содержанию патогенных микроорганизмов в 2,35 раза, по физико-химическим показателям – в 2,89 раза, по паразитологическим показателям – в 4,29 раза, по несоответствию содержания йода – в 3,33 раза.

В отношении такого вида пищевой продукции, как «Кулинарные изделия, вырабатываемые по нетрадиционной технологии», прогнозируется значительный рост нарушений показателей безопасности пищевой продукции по содержанию патогенных микроорганизмов – в 10,28 раза. Доля проб данного вида продукции с нарушениями по микробиологическим показателям возрастет в 1,26 раза.

В группе «Молоко, молочные продукты», вероятно, снижение в 2024 г., по сравнению с 2019 г., числа выявленных нарушений санитарно-эпидемиологических требований.

В группе пищевых продуктов «Мясо и мясные продукты» за период 2015–2024 гг., вероятно, увеличение количества нарушений по показателям фальсификации продукции в 4,56 раза, по санитарно-химическим показателям – в 28,5 раза, по физико-химическим показателям – в 1,16 раза.

Выводы. Прогнозирование рисков нарушения здоровья, наносимого несоблюдением требований к безопасности пищевой продукции, с учетом изменения объемов потребления, показало, что в 2024 г. наиболее высокие уровни риска будут создавать: «Консервы, из них импортируемые» (R = 0,002, 3-й класс опасности), «Биологически активные добавки к пище» (R = 0,0003, 4-й класс опасности) и «Кулинарные изделия, вырабатываемые по нетрадиционной технологии» (R = 0,0003, 4-й класс опасности). Прогнозируемые уровни риска относятся к значительному (3-й класс опасности) и среднему (4-й класс опасности) потенциальному риску причинения вреда здоровью, подлежат документарному и лабораторному контролю в 100 и 50 % соответственно, плановых проверок юридических лиц и индивидуальных предпринимателей.

Список литературы

1. Безопасность продуктов питания [Электронный ресурс] // Информационный бюллетень Всемирной организации здравоохранения. – 2020. – URL: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/food-safety (дата обращения: 29.03.2021).

2. Воронцова Е.В., Воронцов А.Л. Качество и безопасность пищевой продукции как фактор общественного здоровья: социально-правовой анализ основных рисков // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: История и право. – 2019. – Т. 9, № 4. – С. 51–63.

3. Вторая Международная конференция ФАО/ВОЗ по вопросам питания [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. – 2014. – URL: https://www.who.int/nutrition/topics/WHO_FAO_announce_ICN2/ru/ (дата обращения: 29.03.2021).

4. Зайцева Н.В. Анализ рисков для здоровья населения Российской Федерации, обусловленных загрязнением пищевых продуктов // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 4. – С. 13–23.

5. Попова А.Ю. Анализ риска – стратегическое направление обеспечения безопасности пищевых продуктов // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 4. – С. 4–12.

6. Шур П.З., Зайцева Н.В. Оценка риска здоровью при обосновании гигиенических критериев безопасности пищевых продуктов // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 4. – С. 43–56.

Связь динамики риска атак иксодовых клещей с численностью популяций мелких млекопитающих

В.А. Мищенко[1,2], И.А. Кшнясев[2], И.В. Вялых[1]

[1]Екатеринбургский научно-исследовательский институт вирусных инфекций ФБУН «Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии "Вектор"» Роспотребнадзора,
[2]ФГБУН «Институт экологии растений и животных» УрО РАН,
г. Екатеринбург, Россия

Заболеваемость клещевым вирусным энцефалитом и другими клещевыми инфекциями коррелирует с обращаемостью в связи с укусами иксодовых клещей. Очевидно, что число зарегистрированных случаев присасывания клещей пропорционально хозяйственной и рекреационной активности населения на эндемичной территории и численности голодных клещей. В свою очередь, численность иксодовых клещей зависит от обилия основных прокормителей для питающихся кровью стадий, причем с некоторым лагом, связанным с параметрами жизненного цикла: линьки на следующую стадию, диапауз и выраженной сезонностью в условиях континентального бореального климата.

Для описания динамики и прогноза количества пострадавших от укусов клещей в Свердловской области использовали ряд линейных (по параметрам) моделей регрессии. Адекватность описания наблюдаемой динамики оценивали с помощью аппарата мультимодельного вывода. Многолетняя динамика количества пострадавших от укусов клещей в Свердловской области характеризуется наличием высокоамплитудного медленного, длинноволнового колебания (деканного, с квазипериодом порядка 10 лет) и короткой 2–3-летней цикличности: первое может являться отражением климатической ритмичности и тренда в социально-экономической ситуации; второе – обусловлено биотическими факторами.

С помощью модели логит-регрессии показано, что численность мелких млекопитающих в предшествующем году и начале текущего сезона активности иксодовых клещей может служить упреждающим предиктором риска для населения пострадать от укусов иксодовых клещей.

Прогнозные значения полученной статистической модели удовлетворительно описывают и соответствуют исходному временному ряду шансов/вероятностей атак иксодовых клещей.

Ключевые слова: иксодовые клещи, мелкие млекопитающие, пострадавшие от укусов клещей, динамика популяций, отношение шансов, временной ряд.

Клещевой вирусный энцефалит (КВЭ) – является эндемичным заболеванием в Центральной, Восточной и некоторых частях Северной Европы, а также в Северной и Центральной Азии, где ежегодно регистрируется 10–12 тыс. случаев [5]. Уральский федеральный округ (УФО) также является высокоэндемичным по клещевому энцефалиту. Наибольшее количество пострадавших от укусов клещей и установленные случаи заболеваемости приходятся на Свердловскую и Курганскую области [1, 4]. Регистрируемая заболеваемость КВЭ коррелирует с обращаемостью в связи с укусами клещей.

В Западной Европе вирус клещевого энцефалита (ВКЭ) передается главным образом клещами *Ixodes ricinus*, тогда как переносчиком для сибирских и дальневосточных подтипов вируса является *I. persulcatus* [11]. Для иксодид характерно на-

личие нескольких стадий развития в жизненном цикле. Каждая стадия жизненного цикла клеща длится от нескольких месяцев до одного года, поэтому весь цикл обычно завершается за два или три года, хотя в зависимости от географического положения может варьировать от двух до шести лет. Стадийность развития иксодид непосредственно связана со сменой их основных хозяев – прокормителей для личинок и нимф, а также и (пусть, возможно, и в меньшей степени) для имаго – мелких млекопитающих (ММ) [17]. Драматические изменения плотности популяций мелких млекопитающих с амплитудой 2–3 порядка и квазипериодом 3–5 лет, известны как яркий пример так называемых популяционных циклов [2, 14]. Предполагается, что обилие мелких млекопитающих положительно сказывается (с некоторыми лагами) на численности генераций последовательных стадий (в основном, личинок и нимф) иксодовых клещей (ИК). Через контур численности голодных и свободных ИК – не нашедших обычного прокормителя – существует связь с рисками для населения пострадать от укусов клещей [16].

Цель исследования – количественно оценить влияние численности мелких млекопитающих на риски для населения подвергнуться атакам клещей на территории Свердловской области.

Материалы и методы. Исходные данные (количество пострадавших от укусов клещей) в Свердловской области получены из формы федерального статистического наблюдения (ФФСН) № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях» (раздел 1) (за 2007–2021 гг.) и из материалов ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» (за 1992–2006 гг.).

Учеты ММ проводили на стационарных участках методом ловушко-линий с помощью ловушек-плашек и деревянных трапиковых живоловок [3] в весенний и осенний периоды с 1992 по 2021 г.

С целью количественной оценки влияния плотности ММ на обращаемость пострадавших в связи с укусами клещей рассчитывали шансы атак. Шансы (*odds*) – отношение числа пострадавших от укусов клещей (N_1) к населению Свердловской области, за исключением пострадавших (N_0).

От шансов можно перейти к интуитивно понятной шкале вероятностей или рисков:

$$P(X) = \frac{\exp(LogOdds)}{1+\exp(LogOdds)} = \frac{Odds}{1+Odds}. \quad (1)$$

Использовали стандартный аппарат теории обобщенных линейных моделей (GLM) [13] – логит-регрессию:

$$\mathrm{Ln}\left(\frac{N_1}{N_0}\right) = b_0 + \sum b_i X_i. \quad (2)$$

Оценивали эффекты следующих (экзогенных) предикторов (X_i): плотность ММ: весной и осенью предыдущего года SMspr (t–1) и SMfall (t–1)) и весной текущего года SMspr (t). А для учета явной нестационарности (тренда) временного ряда зависимой переменной – логарифма шансов атак ИК (Log odds ticks attacks – LOTA) использовали несколько (различной степени строгости или, наоборот, эвристичности) подходов:

1) включение в модель члена авторегрессии первого порядка: AR (1) X – где дополнительным предиктором служило наблюдаемое значение LOTA (*t*–1) в предыдущем году;

2) предварительное сглаживание (и последующее включение в модель как нового предиктора) временного ряда LOTA с помощью локальной регрессии (*loess*); оптимальное значение параметра сглаживания (*span* = 0,427) установлено с помощью 10-кратной перекрестной проверки (cross-validation);

3) предварительная STL (Seasonal and Trend decomposition using Loess) – декомпозиция временного ряда LOTA, и выделение тренда с помощью сглаживания методом локальной регрессии.

Исходный временной рад и варианты сглаживания представлены на рис. 1.

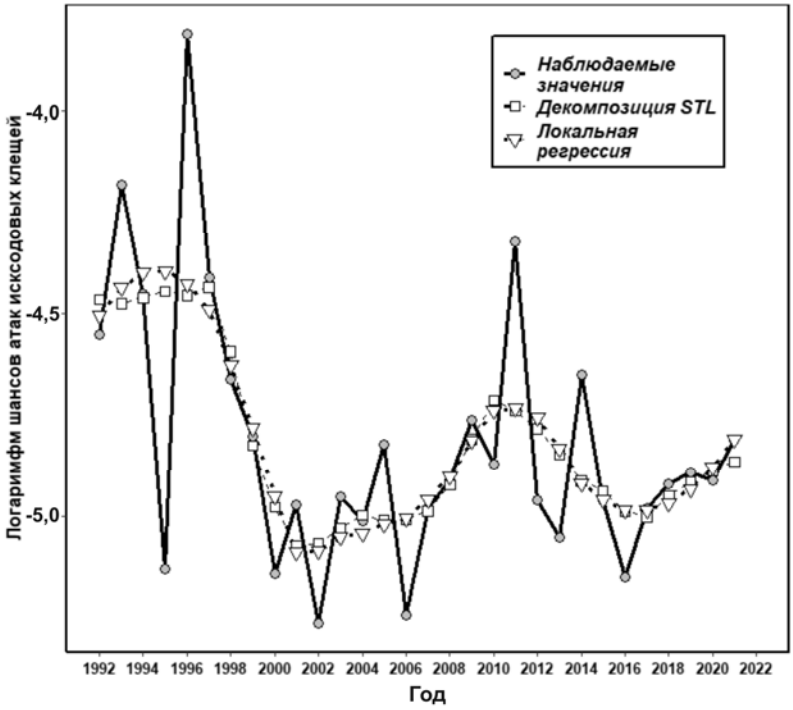


Рис. 1. Динамика логарифма шансов атак иксодовых клещей и варианты сглаживания временного ряда для выделения тренда. Свердловская область, 1992–2021 гг.

Отношения шансов (*OR*) и их доверительные интервалы (95 % ДИ) приведены после преобразования: $OR = \exp(b_i)$ или $OR^{-1} = 1/\exp(b_i)$, где b_i – параметры логит-регрессии (логарифмы отношения шансов). Отношения шансов для редких событий (частота < 10^{-1}) приближаются к значениям относительного риска.

Для сравнения и ранжирования моделей логит-регрессии использовали *информационный критерий Акаике (Akaike information criterion – AIC),* определяющий оптимальность, как компромисс между точностью и сложностью модели. Наименьшей величине *AIC* соответствует и статистически более адекватная модель. Сравнение моделей выполнено на основе модификации исходного *AIC* – *состоятельного критерия Акаике (CAIC),* рассчитанного по формуле:

$$CAIC = -2LL + k\left[1 + \ln\left(m\right)\right], \quad (3)$$

где LL – логарифм максимума функции правдоподобия, k – число параметров, m – число наблюдений. Данная модификация, в сравнении с AIC, назначает более жесткий «штраф» за дополнительные параметры [6].

«Вес» (относительное правдоподобие) каждой модели, рассчитанный по формуле (4), использовали для ранжирования и сравнения конкурирующих моделей:

$$w_i = \frac{\exp\left(-0,5\Delta CAIC_i\right)}{\sum \exp\left(-0,5\Delta CAIC_i\right)}. \quad (4)$$

Представленный «вес» интерпретировали как апостериорную вероятность того, что i-я модель является лучшей, при исследованном множестве прочих моделей-претендентов. Если «вес» отличается менее чем на 10 % от $w_{\max}$, считали, что эти модели идентичны по качеству наилучшей [9].

Статистическая обработка результатов и их визуализация проведены с использованием пакета прикладных программ Statistica v. 10.0 (StatSoft, Ink) и статистической среды R (v. 3.4.4) [15].

Результаты. Наблюдаемая многолетняя динамика шансов для населения пострадать от укусов ИК представляет собой очевидно не стационарный (ни по среднему, ни по амплитуде, ни по периоду) временной ряд (см. рис. 1), в котором можно выделить:

– тренд – долговременный дрейф средних значений, относительно медленные изменения во времени;

– квазипериодическую относительно быструю повторяющуюся компоненту;

– остатки – нерегулярный компонент ряда, относительно высокочастотный шум.

Тренд, вероятно, является «эхом»: 1) длинного циркадианного погодного цикла, связанного с крупномасштабными феноменами (формированием и продолжительностью/устойчивостью форм атмосферной циркуляции и таких феноменов, как антициклоны, блокирующие западный перенос), вызывающими характерные многолетние колебания температуры воздуха и количества осадков в регионе [10, 12]; 2) особенностей социально-экономической ситуации в 90-е гг. XX в. в Российской Федерации и последующим ее улучшением.

Квазитрехлетние циклы (T = 2–3 года) могут быть связаны и с параметрами жизненного цикла ИК, и с динамикой численности ММ, для которых характерны такие периоды [8]. Популяции ММ и ИК связаны – годы с высокой активностью клещей (оцениваемой по числу пострадавших) следуют за годами с максимальной плотностью грызунов [7]. Личинки и нимфы питаются в основном на мышевидных грызунах, что приводит к естественной передаче ВКЭ.

Динамика логарифма шансов атак иксодовых клещей оптимально ($w \sim 1$, $CAIC$ = 13005587,64) описывается моделью с трендом, полученным путем STL-декомпозиции. Модели авторегрессии и локального сглаживания значительно «проигрывают» вышеуказанной: $w \sim 0$, $CAIC$ = 13009458,79 и $w \sim 0$, $CAIC$ = 13072411,83, соответственно.

В оптимальную модель включено пять параметров: тренд, выделенный из временного ряда LOTA с помощью STL-декомпозиции (trend-STL); плотность ММ:

весной текущего, весной предыдущего и осенью предыдущего годов; свободный член b_0 (базовый уровень) (таблица).

Оценки параметров оптимальной модели для описания многолетней динамики логарифма шансов атак иксодовых клещей на территории Свердловской области в 1992–2021 гг. («лучшая» модель логит-регрессии: LR (4) = 99827; $p < 0{,}0001$; $R^2 = 0{,}66$)

Параметр	b	SE (b)	Z-Вальда	p-значение	Отношение шансов		
					OR	95 % ДИ	
b_0	1,10	0,02	47,72	< 0,0001	–	–	–
trend-STL	1,24	0,004	272,10	< 0,0001	3,45	3,42	3,48
SMspr (t–1)	0,03	0,001	41,04	< 0,0001	1,04	1,03	1,04
SMspr (t)	– 0,06	0,001	– 80,81	< 0,0001	$1{,}06^{-1}$	$1{,}057^{-1}$	$1{,}061^{-1}$
SMfall (t–1)	0,02	0,001	20,83	< 0,0001	1,02	1,017	1,021

Примечание: b_0 – свободный член; OR – odds ratio – отношение шансов; LR *(df)* – тест отношения правдоподобий с количеством степеней свободы; *trend-STL* – тренд, выделенный из временного ряда LOTA с помощью STL-декомпозиции; плотность ММ - SM: *spr (t–1)* – весной прошлого года, *spr (t)* – весной текущего года, *fall (t–1)* – осенью прошлого года; -1 – $OR^{-1} = 1/\exp(b_i)$.

Включение в список предикторов модели логит-регрессии дополнительной компоненты – оценки тренда позволяет учесть, пусть и эвристически, нестационарность ряда и оценить интересующие нас эффекты.

Увеличение плотности ММ весной предыдущего года приведет к росту ($p < 0{,}01$) шансов атак ИК (относительно населения Свердловской области) в 1,04 раза (больше на 3,53 %). Вероятно, за счет обилия прокормителей весной прошлого года в текущем году ожидается увеличение особей иксодид различных стадий (нимфы, имаго), вышедших из диапаузы.

Увеличение плотности ММ весной текущего года приведет к статистически значимому снижению шансов атак ИК в 1,06 раза (меньше на 5,87 %). Таким образом, популяции ММ в фазе роста являются «перехватчиками» ИК – достаточное количество прокормителей способствует меньшей вероятности атак на крупных млекопитающих и людей.

Увеличение плотности ММ осенью предшествующего года приведет к статистически значимому росту шансов атак ИК в 1,02 раза (больше на 1,98 %). Состояние популяций ММ в осенний сезон является проекцией летней динамики. Следовательно, в текущий клещевой сезон стоит ожидать увеличение количества перезимовавших иксодид различных стадий, что способствует увеличению вероятности атак населения.

На рис. 2 показаны наблюдаемые риски (вероятности) атак ИК для населения Свердловской области и значения, предсказанные моделью с учетом нестационарности временного ряда и плотности популяций ММ.

Из рис. 2 видно, что прогнозируемые моделью значения достаточно удовлетворительно соответствуют исходному временному ряду: как тренд, так и периодическая составляющая сходны как для наблюдаемых, так и для предсказанных значений, полученных из статистической модели. Коэффициент детерминации достаточно высок: $R^2 = 0{,}66$, следовательно, модель в состоянии объяснить 66 % дисперсии динамики логарифма шансов (или вероятности) атак ИК. Ожидается, что включение

в модель дополнительных предикторов, связанных с динамикой популяций ИК и прокормителей, климатическими изменениями и социально-экономическими факторами может улучшить предсказательную способность модели.

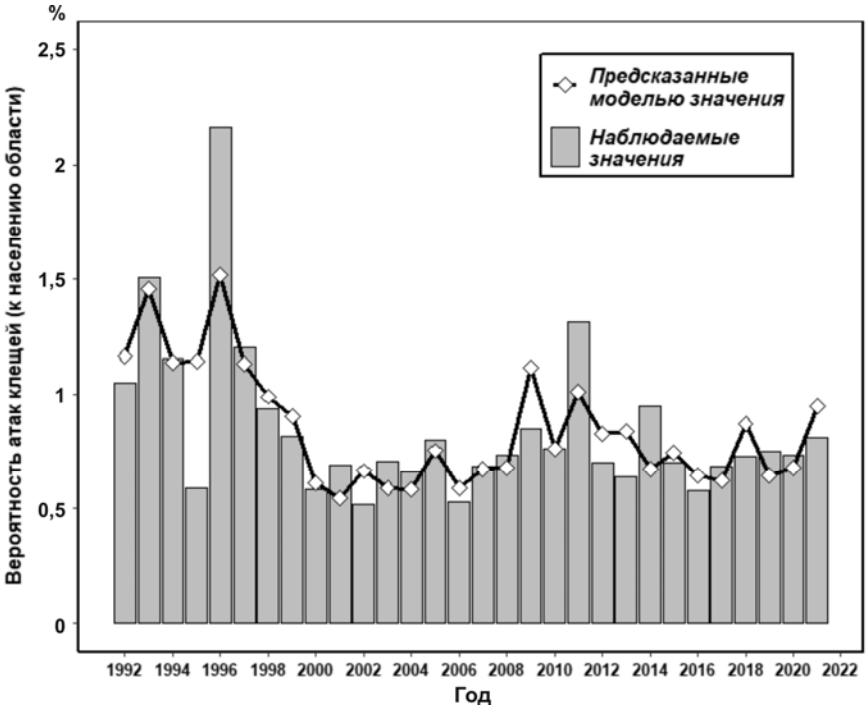


Рис. 2. Наблюдаемые и ожидаемые значения вероятности атак иксодовых клещей для населения Свердловской области, 1992–2021 гг.

Выводы:

1. Многолетнюю динамику числа пострадавших от укусов клещей можно адекватно описать с помощью нестационарного временного ряда, который содержит компоненту тренда и квазипериодическую составляющую.

2. С помощью модели логит-регрессии показано, что численность мелких млекопитающих в предшествующем году и начале текущего сезона активности ИК может служить упреждающим предиктором риска для населения пострадать от укусов иксодовых клещей: высокая плотность мелких млекопитающих в весенний период данного клещевого сезона приводит к эффекту «перехвата» и снижению вероятности населения пострадать от укусов клещей. Однако если плотность мелких млекопитающих была высокой в весенний и осенний сезоны года, предшествующего текущему клещевому сезону, то следует ожидать увеличения количества перелинявших и перезимовавших иксодид различных стадий (нимфы, имаго) и увеличения риска для населения.

3. Прогнозные значения полученной статистической модели удовлетворительно описывают и соответствуют исходному временному ряду шансов/вероятностей атак иксодовых клещей. Включение дополнительных параметров может улучшить прогнозные свойства модели.

Список литературы

1. Злобин В.И. Эпидемиологический мониторинг и профилактика иксодовых клещевых инфекций в условиях сочетанных природных и антропургических очагов // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2008. – № 2 (39). – С. 10–14.

2. Кшнясев И.А., Давыдова Ю.А. Динамика плотности и структуры популяций лесных полевок в южной тайге // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Сер. Биология. – 2005. – Т. 1 (9). – С. 113–123.

3. Кшнясев И.А., Давыдова Ю.А. Популяционные циклы и синдром Читти // Экология. – 2021. – № 1. – С. 51–57.

4. Современная эпидемиологическая ситуация по клещевому вирусному энцефалиту в Челябинской области / С.В. Лучинина, О.Н. Степанова, В.В. Погодина, Е.А. Стенько, Г.Г. Чиркова, С.Г. Герасимов, Л.И. Колесникова // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2014. – Т. 75, № 2. – С. 32–37.

5. A short history of TBE / O. Kahl, V.V. Pogodina, T. Poponnikova [et al.] // Dobler G., Erber W., Bröker M., Schmitt H.-J., editors. The TBE Book, 2. edn. Chap. 1. – Singapore: Global Health Press, 2019. – P. 11–18.

6. Akaike H. A new look at the statistical model identification // IEEE Transactions on Automatic Control. – 1974. – Vol. 19. – P. 716–723.

7. Balashov Y.S. Demography and population models of ticks of the genus Ixodes with long-term life cycles // Entomological Review. – 2012. – Vol. 92, № 9. – P. 1006–1011. DOI: https://doi.org/10.1134/S0013873812090072

8. Beechnuts and outbreaks of Nephropathia epidemica (NE): of mast, mice and men / J. Clement, P. Maes, C. van Ypersele de Strihou, G. van der Groen, J.M. Barrios, W.W. Verstraeten, M. van Ranst // Nephrology Dialysis Transplantation. – 2010. – № 25 (6). – P. 1740–1746. DOI: 10.1093/ndt/gfq122

9. Burnham K.P., Anderson D.R. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. – N.Y.: Springer-Verlag, 2002. – 496 p.

10. Effects of climate change on ticks and tick-borne diseases in Europe / J.S. Gray, H. Dautel, A. Estrada-Peña, O. Kahl [et al.] // Interdisciplinary Perspectives on Infectious Disease. – 2009. – Vol. 2009. – P. 1–12. DOI: 10.1155/2009/593232

11. Gritsun T.S., Nuttall P.A., Gould E.A. Tick-Borne Flaviviruses, Editor (s): Thomas J. Chambers, Thomas P. Monath // Advances in Virus Research, Academic Press. – 2003. – Vol. 61. – P. 317–371. DOI: 10.1016/S0065-3527 (03) 61008-0

12. Increased relative risk of tick-borne encephalitis in warmer weather / M. Daniel, V. Danielová, A. Fialová [et al.] // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. – 2007. – Vol. 8. – P. 90. DOI: 10.3389/fcimb.2018.00090

13. McCullagh P., Nelder J.A. Generalized linear models. – London: Chapman and Hall, 1989. – 511 p.

14. Population oscillations of boreal rodents: regulation by mustelid predators leads to chaos / I. Hanski, P. Turchin, E. Korpimaki [et al.] // Nature. – 1993. – № 364. – P. 232–235.

15. R Development Core Team. R: a language and environment for statistical computing [Электронный ресурс]. – Vienna, Austria: The R Foundation for Statistical Computing, 2011. – URL: https://www.R-project.org (дата обращения: 04.04.2022).

16. Tick-borne disease risk in a forest food web / R.S. Ostfeld, T. Levi, F. Keesing [et al.] // Ecology. – 2018. – Vol. 99, № 7. – P. 1562–1573. DOI: 10.1002/ecy.2386

17. Tick-Borne Encephalitis Virus: Seasonal and Annual Variation of Epidemiological Parameters Related to Nymph-to-Larva Transmission and Exposure of Small Mammals / L. Bournez, G. Umhang, M. Moinet [et al.] // Pathogens. – 2020. – Vol. 9, № 7. – P. 518. DOI: 10.3390/pathogens9070518. PMID: 32605114; PMCID: PMC7400523.

Оценка риска для здоровья населения от воздействия транспортного шума в г. Москве

В.В. Молдованов, Е.В. Судакова, Е.А. Руднева, В.В. Дворянов, Е.М. Осипова, А.С. Кузнецов, Е.В. Бестужева

ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве» Роспотребнадзора,
г. Москва, Россия

Представлены методические подходы, используемые при оценке риска здоровью населения от воздействия транспортного шума в г. Москве. Отмечена важность проведения предварительной экспертизы проектных акустических расчетов и шумозащитных мероприятий, а также анализ состояния здоровья населения, проживающего в рассматриваемых районах.

Ключевые слова: шум, транспортный шум, оценка риска, здоровье населения.

В соответствии с Транспортной стратегией РФ [3] предусматривается как создание новой, так и модернизация существующей транспортной инфраструктуры, что помимо повышения пространственной связности и транспортной доступности территорий, повышения мобильности населения, развития внутреннего, а также въездного туризма, увеличения объема и скорости транзита грузов ведет к акустическому загрязнению селитебных территорий.

Основными источниками транспортного шума в г. Москве являются автотранспорт, рельсовый транспорт, наземные линии метрополитена и авиационный транспорт в зоне воздушных подходов к аэропортам. По данным государственного доклада [2], в 2020 г. от всех поручений, поступивших от Управления Роспотребнадзора по г. Москве, 6,6 % составляли поручения на проведение инструментальных замеров транспортного шума, в 2019 г. – 9,0 %, в 2018 г. – 5,0 %. При этом обоснованность обращений на объекты транспорта составила в 2020 г. – 68,0 %, в 2019 г. – 81 %, в 2018 г. – 80 %. От общего количества всех обращений по поводу транспортного шума в 2020 г. автотранспорт, в том числе рельсовый (трамваи и железнодорожный транспорт), являлся источником 62 % всех обращений; на авиатранспорт поступило 22,6 % обращений и 15 % на объекты метрополитена. В 2020 г. по результатам обращений граждан выбраны наиболее «критические»

точки контроля, в жилой зоне вблизи от транспортных артерий. По 416 адресам на нормируемой территории были проведены измерения и в 95 % случаев выявлены превышения.

Шум – это беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложной временной и спектральной структурой. С физиологической точки зрения шумом может быть назван любой нежелательный звук, мешающий восприятию полезных звуков (человеческой речи, сигналов и пр.), нарушающих тишину и оказывающих вредное действие на здоровье человека. По данным исследователей, «шумовое загрязнение», характерное сейчас для больших городов, сокращает продолжительность жизни их жителей на 10–12 лет. Человеческий организм по-разному реагирует на шум разного уровня. Чем длительнее воздействует шум на человека, тем негативнее он влияет на физическое и психическое здоровье. Шумы уровня 70–90 дБА при длительном воздействии приводят к заболеванию нервной системы, а более 100 дБА – к снижению слуха, вплоть до глухоты. Шум создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие. Шум способен увеличивать содержание в крови таких гормонов стресса, как кортизол, адреналин и норадреналин, – даже во время сна. Чем дольше эти гормоны присутствуют в кровеносной системе, тем выше вероятность, что они приведут к опасным для жизни физиологическим проблемам. Согласно нормативам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), заболевания сердечно-сосудистой системы могут возникнуть, если человек по ночам постоянно подвергается воздействию шума с уровнем 50 дБА или выше, – такой шум создает улица с неинтенсивным движением автотранспорта.

Федеральным законом от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» приняты положения, регламентирующие обеспечение защиты от шума как в помещениях жилых, общественных и производственных зданий, так и в границах территорий, на которых будут осуществляться строительство и эксплуатация зданий или сооружений. В соответствии с п. 3.2, ст. 47, «Воздушного кодекса Российской Федерации» от 19.03.1997 № 60-ФЗ – «Определение перечня ограничений использования земельных участков, предусматривающих запрет на строительство, реконструкцию, эксплуатацию отдельных видов объектов капитального строительства в седьмой подзоне приаэродромной территории, осуществляется с учетом возможности применения при строительстве, реконструкции, эксплуатации таких видов объектов мер по предупреждению и (или) устранению негативного физического воздействия и по результатам расчета и оценки рисков для здоровья человека, проведенных в соответствии с санитарно-эпидемиологическими требованиями».

Оценка риска – основной инструмент, позволяющий определить потенциальный и реальный ущерб для здоровья и оценить действительный вклад того или иного источника загрязнения в ухудшение состояния здоровья человека.

В 2012 г. была разработана методика, позволяющая оценить риск здоровью населении от воздействия транспортного шума [1]. Согласно этой методике, оценка экспозиции осуществляется в определении нормируемых параметров шума в заданный момент времени и продолжительности его воздействия (через учет числа и продолжительности звуковых событий), а также включает оценку суточного взвешенного шума как меры контакта населения с вредным фактором. В качестве основной единицы действующих уровней шума при оценке принимается эквивалент-

ный уровень средневзвешенного суточного шума, который может быть определен с учетом дневных и ночных уровней шума.

В целях реализации федерального законодательства ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве» был проведен ряд работ по оценке риска для здоровья населения от воздействия транспортного шума. По их результатам определены основные подходы для проведения оценки риска.

Обязательным условием проведения оценки риска при размещении объектов на приаэродромных территориях в случаях выявления уровней звука, превышающих гигиенические нормативы, является разработка Заказчиком проекта шумозащитных мероприятий. Первоначально проект проходит экспертизу в отделе гигиены труда и гигиены источников неионизирующих излучений на предмет корректности представленных акустических расчетов и шумозащитных мероприятий.

Оценка риска для здоровья населения, в том числе для объектов, размещенных на приаэродромной территории, проводилась от совокупного транспортного шума, создаваемого как авиационным транспортом, так и другими видами транспорта, перемещающегося вблизи от рассматриваемого объекта.

Для оценки экспозиции важно определение продолжительности пребывания людей на территории рассматриваемого объекта: для жилого дома, общежития, гостиницы, интерната, дома отдыха, больницы, санатория и др. объектов, а также площадок для отдыха людей принимается сценарий круглосуточного пребывания, а для таких объектов, как детское образовательное учреждение, поликлиника и т.п., сценарий пребывания только в дневное время (с 7:00 до 23:00).

При сценарии круглосуточного пребывания в качестве основной единицы действующих уровней шума для оценки риска принимался показатель Lden (эквивалентный уровень средневзвешенного суточного шума), который определялся с учетом дневных и ночных уровней шума [1]. Для сценария пребывания только в дневное время использовался показатель Lday (эквивалентный скорректированный 16-часовой уровень дневного шума в период с 07:00 до 23:00).

Нормируемые параметры шума принимались по таблице 5.35 СанПиН 1.2.3685-21 [4].

В зависимости от вида объекта рассматривались следующие сценарии:

– без проведения шумозащитных мероприятий;

– с учетом запланированных шумозащитных мероприятий в помещениях;

– с учетом запланированных шумозащитных мероприятий на площадках отдыха, функционально выделенных на рассматриваемой территории (на объектах, для которых отсутствуют требования к наличию площадок отдыха (гостиницы, общежития и др.) этот сценарий не рассматривался).

Шумозащита жилых помещений в подавляющем большинстве работ заключалась в установке окон повышенной звукоизоляции с приточными клапанами для проветривания и механической вытяжной вентиляции в одном из помещений квартиры для обеспечения движения воздуха, что давало снижение уровней звука до 34 дБА в жилых помещениях. Для уменьшения шумового фона и улучшения акустического комфорта на площадках отдыха предусматривалась установка шумозащитных навесов, экранов или озеленения, что обеспечивало снижение уровней звука до 10 дБА.

Одним из значимых разделов работ является анализ состояния здоровья населения, проживающего в рассматриваемых районах г. Москвы, связанного с транспортным шумом. Основной отчетной формой, используемой при анализе общей заболеваемости, является «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации» (форма Федерального статистического наблюдения № 12-годовая).

Анализ заболеваемости населения, проживающего в районах воздействия транспортного шума, проводится для всех групп населения (дети, подростки, взрослые) в динамике за последние три года наблюдения по основным заболеваниям, связанным с транспортным шумом. К таким заболеваниям относят болезни нервной системы, в том числе расстройства вегетативной нервной системы, болезни системы кровообращения, в том числе болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением, гипертензивная болезнь сердца, ишемическая болезнь сердца, стенокардия, инфаркт миокарда, болезни уха и сосцевидного отростка, в том числе кондуктивная и нейросенсорная потеря слуха. Кроме того, влияние шума может сказываться на функциях эндокринной, пищеварительной и иммунной систем организма.

Влияние факторов среды обитания, в том числе транспортного шума, на состояние здоровья населения наибольшим образом отражается в показателях распространенности заболеваемости населения, так как общее число случаев используется при оценке бремени болезни в обществе или популяции. Этот показатель относится ко всем лицам в популяции, у которых имеется данное заболевание, включая как новые случаи, так и уже имеющиеся.

Проведенный анализ заболеваемости отдельных групп населения (дети, подростки, взрослые) болезнями, тесно связанными с транспортным шумом, в 22 изученных районах показал, что в 50 % случаев среди детского и подросткового населения уровни заболеваемости болезнями уха выше среднегородских показателей. Также в 40,9 % случаев среди детей и в 54,5 % случаев среди подростков уровни заболеваемости болезнями нервной системы выше среднегородских показателей.

Среди взрослого населения показатели заболеваемости болезнями системы кровообращения в 63,6 % случаев превышали среднегородские уровни, болезни уха и сосцевидного отростка – в 54,5 %, нервной системы в 45,6 % случаев. Это, очевидно, может свидетельствовать о влиянии шума на организм как взрослого населения, так и, особенно, детского.

Также проводился расчет популяционного риска для здоровья населения, проживающего в условиях хронической экспозиции шума. Численность возрастных групп для этого рассчитывается исходя из половозрастной структуры населения г. Москвы по данным Мосстата и в этот расчет не включалось население от 0 до 1 года. При этом учитывалась численность населения конкретных рассматриваемых объектов.

На этапе характеристики риска проводилась оценка риска нарушений сердечно-сосудистой, нервной системы и органов слуха, а также совокупного агрегированного риска и приведенного индекса риска здоровью, связанного с шумовым фактором, которые интегрируют совокупность отечественных и зарубежных данных о динамике развития этих эффектов на фоне естественного старения организма [1]. Отмечено, что, начиная с уровня Lden 55,1 дБА, приведенные индексы риска

заболеваний отдельно сердечно-сосудистой, нервной систем и органов слуха характеризуются пренебрежительно малым уровнем для всех возрастов, тогда как приведенный индекс риска развития различных нарушений со стороны всех критических органов и систем при этом же уровне Lden характеризуется как умеренный (более 0,05) на определенный момент времени, что требует проведения шумозащитных мероприятий. Для разработки управленческих решений в проведенных работах учитывался приведенный индекс риска развития различных нарушений со стороны всех критических органов и систем.

Для сценария без проведения шумозащитных мероприятий в условиях хронической экспозиции шума (24 часа в сутки в течение года) рассчитанный приведенный индекс риска шумовой нагрузки являлся от умеренного (более 0,05) до очень высокого (более 0,6) для разных возрастных групп.

По результатам оценки риска для здоровья населения при условии реализации предложенных шумозащитных мероприятий в условиях хронической экспозиции шума (24 часа в сутки в течение года) приведенный индекс риска шумовой нагрузки для всех возрастных групп, включая 80 лет, являлся пренебрежительно малым (менее 0,05), что не приводит к развитию дополнительных случаев заболевания среди рассматриваемого населения.

Таким образом, проведенные работы позволили сформировать единообразный подход при оценке риска здоровью населения от воздействия транспортного шума в городе Москве. В результате подтверждена эффективность предложенных технических мероприятий по шумозащите, что позволило обосновать размещение жилых объектов на приаэродромных территориях города.

Список литературы

1. МР 2.1.10.0059-12. 2.1.10. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума. Методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 40 с.

2. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в городе Москве в 2020 году: Государственный доклад [Электронный ресурс]. – М., 2021. – 217 с. – URL: https://77.rospotrebnadzor.ru/images/files/GD2020.pdf (дата обращения: 14.02.2022).

3. Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р «О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_402052/ (дата обращения: 14.02.2022).

4. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/fa69e15a74de57cbe09d347462434c11fcfeeaca/ (дата обращения: 14.02.2022).

Исследование эргономических свойств средств индивидуальной защиты от биологических факторов медицинского персонала

А.А. Новожилова, А.М. Герегей, А.В. Конюхов, В.И. Лемешко, М.В. Гусарова

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова»,
г. Москва, Россия

Приведены результаты оценки эргономических характеристик средств индивидуальной защиты от биологических факторов, применяемых в условии пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19. Медицинские работники, принимающие участие в исследовании, после 5 ч работы в полном комплекте средств индивидуальной защиты от биологических факторов в «заразной» зоне отмечали ухудшение самочувствия, возникновение недомоганий, оказывающих влияние на их работоспособность, обусловленные непосредственно эргономическими свойствами изделий.

Ключевые слова: эргономика, средства индивидуальной защиты, COVID-19.

Пандемия новой коронавирусной инфекции COVID-19 существенным образом повлияла на условия работы медицинского персонала. Длительные рабочие смены, увеличенный поток пациентов, расширенный объем задач, повышенные физические нагрузки и эмоциональное напряжение негативно сказываются на здоровье, работоспособности и качестве выполняемой работы [1, 2].

Как правило, в течение всего времени пребывания в «заразной» зоне медицинский работник вынужден находиться в средствах индивидуальной защиты (СИЗ) от биологических факторов. Несмотря на то что в иерархии методов снижения рисков здоровью использование СИЗ является последним компонентом, доказана высокая эффективность применения СИЗ от биологических факторов против заражения медицинского персонала новой коронавирусной инфекцией COVID-19 [3].

Комплект СИЗ от биологических факторов включает большое количество элементов, материалы изготовления которых обладают низкой паро- и воздухопроницаемостью. Поэтому длительное использование столь обширного списка средств защиты способно оказывать негативное влияние на функциональное состояние работника. Дискомфорт, связанный с необходимостью применения СИЗ в течение длительного времени, сказывается на самочувствии и вызывает желание снять элементы СИЗ при работе в «заразной» зоне, тем самым увеличивая риск заражения COVID-19.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что возрастает актуальность исследования эргономических характеристик СИЗ, применяемых медицинским персоналом, с целью уменьшения негативного влияния на организм работника и повышения качества их эксплуатации.

Целью исследования являлась оценка эргономических свойств СИЗ, применяемых медицинским персоналом в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе инфекционного отделения городской клинической больницы.

В исследовании приняли участие 25 практически здоровых добровольцев: 20 женщин и 5 мужчин в возрасте от 20 до 58 лет (31,8 ± 10 лет), из них 12 сотрудников являлись врачами и 13 – медицинскими сестрами. Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «НИИ МТ». Время пребывания добровольцев в «заразной» зоне составляло не менее 5 ч, в течение которых работники выполняли свои служебные обязанности, связанные с оказанием медицинской помощи пациентам.

В процессе исследования добровольцы использовали следующие СИЗ от биологических факторов: комбинезон с капюшоном «Tyvec® 600 Plus», надеваемый на хирургический костюм, шапочка медицинская, очки защитные закрытого типа, полумаска фильтрующая формованная с клапаном, перчатки (две пары), обувь медицинская (сабо), бахилы высокие с завязками.

Для оценки эргономических свойств СИЗ от биологических факторов исследовали:

– психологические показатели, информирующие об отношении человека к необходимости применения СИЗ, уровне удовлетворенности применения СИЗ, общем эмоциональном состоянии человека;

– антропометрические показатели, характеризующие соответствие используемых СИЗ размерам, особенностям формы и строения тела человека.

Для оценки перечисленных показателей проводили анкетирование медицинских работников относительно:

– самочувствия в определенный момент времени по 5-балльной шкале, где 1 – очень плохо, 5 – очень хорошо (каждые 30 мин);

– самооценки своего состояния (самочувствия и выявления жалоб) с помощью «Анкеты самооценки состояния» (АСС) (до начала и по окончании рабочей смены). Анкета включала семь пар полярных утверждений, характеризующих особенности текущего функционального состояния;

– эргономических характеристик используемых СИЗ на основе разработанных опросных листов с целью оценки размерных и функциональных характеристик применяемых СИЗ, а также для выявления локального дискомфорта при эксплуатации полного комплекта СИЗ (по окончании рабочей смены);

– субъективной оценки влияния используемых СИЗ на психологическое и физиологическое состояние работников на основе разработанных опросных листов с целью выявления основных жалоб, связанных с применением СИЗ и определения отношения работников к необходимости их использования (по окончании рабочей смены).

Статистическая обработка результатов была проведена с помощью пакета прикладных программ Statistica 12. Данные были проверены на нормальность распределения с помощью критерия Шапиро – Уилка и графическим способом, а затем проанализированы с помощью непараметрических тестов. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Значения динамики показателя самочувствия в определенный момент времени оценивали с помощью непараметрического критерия Фридмана с целью анализа повторных измерений. Для проведения множественных межгрупповых сравнений применяли критерий Ньюмена – Кейлса.

Статистически значимые различия между фоновыми и контрольными значениями наблюдались после 4-го часа и до выхода человека из «заразной» зоны, средние значения которых снижались с 4,16 (± 0,8) балла до 3,48 (± 0,65) и 3,48 (± 0,82) балла соответственно (рисунок). Значения показателя самочувствия, полученные после выхода из «заразной» зоны и снятия СИЗ, также статистически значимо повышались до 4,24 (± 0,77) балла, по сравнению с данными, полученными в последний час работы.

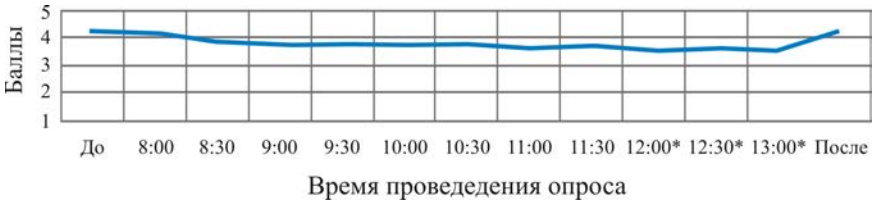


Рис. Динамика показателей самочувствия в определенный момент времени
(* – получены статистически значимые различия со значениями «до» и «после»)

Результаты опроса по АСС анализировали с помощью критерия Уилкоксона. Получены значимые различия значений «до» и «после» по шкалам «Интерес к работе» и «Спокойствие, уравновешенность», характеризующим соответственно существенное снижение интереса к работе, нарастание волнения, напряжения у работников к 5-му часу работы (таблица).

Динамика изменения некоторых показателей функционального состояния работников, Med (LQ–UQ), $p < 0,05$

Показатель	Время проведения анкетирования	
	до начала смены	после окончания смены
Интерес к работе	2,5 (2,0–3,0)	1,5 (0,0–2,5)
Спокойствие, уравновешенность	3 (2,0–3,0)	2 (1,0–3,0)

Подавляющее число жалоб медицинского персонала при использовании комплекта СИЗ в ходе осуществления ими профессиональной деятельности касалось запотевания стекол защитных очков (96 %), искажения зрительных образов, ощущения снижения остроты зрения (80 %). Медицинский персонал указывал на низкую звукопроницаемость элементов СИЗ (78 %), что осложняло коммуникативное взаимодействие с персоналом и пациентами. Помимо этого, отмечается высокий процент жалоб врачей и медицинских сестер на чувство нехватки воздуха в процессе работы (72 %), повышенное потоотделение при использовании СИЗ (84 %), в том числе в области кистей рук (88 %). Использование комплекта СИЗ некоторые работники расценивали как одну из причин возникновения сонливости (28 %), головокружения (24 %) и низкой работоспособности (20 %).

Установлено, что из всех элементов комплекта СИЗ существенный дискомфорт вызывало использование бахил (23 %) в связи с ощущением ограничения движений во время ходьбы, сдавливания в области их фиксации, легкостью повреждения. Ощущение сдавливания при использовании костюма также присутствовало в области манжет (10 %) и воротниковой зоны (9 %). Кроме того, применение защитных очков и маски в составе комплекта СИЗ вызывало дискомфорт в области их прилегания в виде ощущения сдавливания и раздражения кожи, в частности в области лба (27 %) и периоральной области (26 %).

Выводы. На основании проведенного исследования по оценке эргономических свойств СИЗ от биологических факторов, в том числе от COVID-19, используемых медицинским персоналом при выполнении ими профессиональной деятельности в «заразной» зоне, установлено, что у работников наблюдается:

1. Постепенное ухудшение самочувствия, которое становится наименее удовлетворительным после 4-го часа работы.

2. Снижение интереса к выполняемой деятельности и рост психологического напряжения после пятого часа работы.

3. Чувство недомогания (сонливость, головокружение и т.д.) и ощущение дискомфорта, связанное преимущественно с искусственным снижением остроты зрения и слуха, повышенным потоотделением, ограничением дыхания и прочими причинами.

Таким образом, помимо защитного действия СИЗ оказывают негативное влияние на функциональное состояние и работоспособность медицинских работников, что непосредственно связано с эргономическими свойствами изделий.

Представляется целесообразным расширить исследования, связанные с изучением отрицательных эффектов применения СИЗ от биологических факторов, совершенствованием их эргономических характеристик и разработкой профилактических мероприятий по снижению риска здоровья работников, использующих СИЗ от биологических факторов.

Список литературы

1. Бачило Е.В., Новиков Д.Е., Ефремов А.А. Оценка психического здоровья медицинских работников в период пандемии COVID-19 в России (результаты интернет-опроса) // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2021. – Т. 121, № 3. – С. 104–109. DOI: 10.17116/jnevro2021121031104

2. Профессиональное выгорание, симптомы эмоционального неблагополучия и дистресса у медицинских работников во время эпидемии COVID-19 / С.С. Петриков, А.Б. Холмогорова, А.Ю. Суроегина [и др.] // Консультативная психология и психотерапия. – 2020. – Т. 28, № 2. – С. 8–45. DOI: 10.17759/cpp.2020280202

3. Use of personal protective equipment against coronavirus disease 2019 by healthcare professionals in Wuhan, China: cross sectional study / M. Liu, S. Cheng, K. Xu [et al.] // BMJ. – 2020. – Vol. 369. – P. m2195. DOI: 10.1136/bmj.m2195

Новые проблемы в сфере инфекции, связанной с оказанием медицинской помощи, мукормиоз

Р.Г. Сагдеев, С.С. Неняйкин

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава РФ,
г. Самара, Россия

Представлен анализ заболеваемости мукормикозом у пациентов на базе оториноларингологического отделения клиник ФГБОУ ВО СамГМУ МЗ РФ, имеющих в анамнезе перенесенную новую коронавирусную инфекцию COVID-19. Рассмотрены аспекты влияния новой коронавирусной инфекции на развитие мукормикоза, проведен ретроспективный анализ случаев заболевания, а также дана оценка методам и результатам противоэпидемических мероприятий.

Ключевые слова: мукормикоз, новая коронавирусная инфекция, COVID-19, эпидемиология, ИСМП, оториноларингология.

Пандемия новой коронавирусной инфекции, COVID-19, способствовала появлению и развитию «экзотического» для нашей страны инфекционного заболевания – мукормикоза. Случаи мукормикоза ранее регистрировались в основном в странах с жарким климатом – Индии [3], Непале [5], Пакистане [4]. При этом эпидемические масштабы мукормикоз приобрел именно в Индии [2]. Данное заболевание в основном поражает пациентов, имеющих в анамнезе, помимо новой коронавирусной инфекции, сопутствующий сахарный диабет. Также к отдельной группе можно отнести пациентов, получающих иммуносупрессорную и глюкокортикостероидную терапию.

Мукормикоз – это инфекционное заболевание, вызываемое разнообразными видами грибов семейства *Mucorales*, включая виды *Mucor*, *Rhizopus*, *Rhizomucor*. Наиболее частой является риноцеребральная форма мукормикоза, начинающаяся в результате вдыхания конидий гриба, которые затем прорастают в полости носа и внедряются в окружающие ткани (параорбитальную область) и далее – в головной мозг или сохраняются в параназальных синусах, где происходит рост и размножение гриба. Заболевание начинается с местного некроза в верхних носовых раковинах и придаточных пазухах носа. Пациента беспокоит односторонняя головная боль, боль в зоне пораженной пазухи, лихорадка, заложенность носа, темное и черное отделяемое из носа [1].

Цель исследования – выявление причинно-следственных связей возникновения мукормикоза у пациентов с эпидемиологической точки зрения и возможности рассмотрения мукормикоза как инфекции, связанной с оказанием медицинской помощи (ИСМП).

Материалы и методы. В качестве основы исследования был проведен ретроспективный эпидемиологический анализ данных пациентов с диагнозом мукормикоза. Была произведена оценка методов и результатов противоэпидемических мероприятий.

Результаты. В результате проведенного ретроспективного анализа данных 12 пациентов (эпидемиологический анамнез, медицинская документация), находящихся на лечении в оториноларингологическом отделении клиник ФГБОУ ВО СамГМУ МЗ РФ в период с октября по декабрь 2021 г., было выявлено, что:

1) 11 пациентов были родом из Самары и Самарской области, один человек из Ульяновской области;

2) из 12 пациентов 5 женщин и 7 мужчин. Средний возраст – 65 лет (максимальный – 74 года, минимальный – 43 года);

3) все пациенты имели в анамнезе перенесенную новую коронавирусную инфекцию средней, высокой степени тяжести;

4) все пациенты получали стационарное лечение от новой коронавирусной инфекции в госпиталях COVID (11 пациентов в Самарской области и один человек в Ульяновской области);

5) 9 пациентов имели в анамнезе сахарный диабет 2-го типа;

6) все пациенты во время лечения от новой коронавирусной инфекции получали глюкокортикостероидную терапию (ГКС) – преднизолон, метипред, дексаметазон в разных дозах;

7) среднее количество койко-дней, проведенных в госпиталях COVID, составляло 22 дня (максимально – 43 дня, минимально – 5 дней). При этом один человек находился на лечении от новой коронавирусной инфекции дважды в разных отделениях одного госпиталя COVID (17 и 11 дней соответственно);

8) среднее количество дней с момента выписки из госпиталя COVID до поступления в оториноларингологическое отделение составляло 21 (максимально – 70 дней, минимально – один день);

9) лабораторными методами подтвержден диагноз мукормикоза: у трех пациентов – бактериологическим методом, у 9 – методом прямой микроскопии.

В результате проведенного анализа можно сделать вывод о том, что новая коронавирусная инфекция как стресс-фактор для иммунной системы послужила возможным толчком для развития мукормикоза у пациентов, имеющих в анамнезе сахарный диабет, в совместном применении для лечения средних и тяжелых форм новой коронавирусной инфекции глюкокортикостероидов, как и описано в литературных источниках.

С целью предотвращения распространения мукормикоза в структурных подразделениях ЛПУ в качестве противоэпидемических мероприятий было принято:

1) обеспечить размещение пациентов с диагнозом мукормикоза или подозрением на него в отдельных палатах с санитарными блоками;

2) обеспечить проведение лечебных и диагностических манипуляций в отдельном перевязочном кабинете с применением отдельных (маркированных) наборов медицинского инструментария и эндоскопического оборудования, а также оперативных вмешательств с соблюдением правил поточности и перекрестности;

3) усилить дезинфекционной режим в палатах и перевязочных с применением дезинфицирующих средств согласно режимам дезинфекции при контаминации плесневыми грибами и увеличить кратность работы облучателей;

4) провести ревизию вентиляционной сети с применением дезинфицирующих средств, обладающих фунгицидной активностью;

5) провести исследование активности применяемых дезинфицирующих средств по отношению к грибам рода *Mucor*;

6) провести микробиологическое исследование на наличие спор плесневых грибов с аппаратов для подачи увлажненного кислорода, кислородных концентраторов, используемых во время лечения.

В результате проведенных противоэпидемических мероприятий в рамках производственного контроля были осуществлены микробиологические исследова-

ния воздуха, а также обсемененности объектов внешней среды методом смывов на плесневые грибы. В пробе воздуха палат и перевязочного кабинета были обнаружены грибы вида *Aspergill. niger* в клинически не значимом количестве. Грибы рода *Mucor* в воздухе и на объектах внешней среды не обнаружены.

Исследование активности применяемых дезинфицирующих средств разных групп (хлорсодержащее, кислородсодержащее, ЧАС) в режимах дезинфекции поверхностей и объектов, пораженных плесенью (согласно инструкции), показало высокую чувствительность по отношению к *Mucor* при минимальной допускаемой концентрации дезинфектанта.

Микробиологическое исследование с аппаратов для подачи увлажненного кислорода, переносных кислородных концентраторов (внешняя поверхность емкости для дистиллированной воды, фильтров, штуцера, кислородных масок, канюль) не выявило следов обсеменения спорами плесневых грибов.

Выводы. Таким образом, оценивая полученные результаты исследований, можно предположить, что контаминация пациентов спорами плесневых грибов (*Mucor*) с высокой вероятностью произошла при лечении новой коронавирусной инфекции в госпиталях COVID при снижении дезинфекционных и противоэпидемических мероприятий, а именно:

1) применении дезинфицирующих средств только по режимам применения при вирусных инфекциях;

2) возможных нарушениях при проведении санитарно-гигиенических мероприятий – текущих и генеральных уборок;

3) несвоевременном и ненормированном применении бактерицидных облучателей;

4) отсутствии своевременной ревизии вентиляционной сети.

Это позволяет рассматривать мукормикоз как инфекцию, связанную с оказанием медицинской помощи, и разрабатывать новые эффективные методы борьбы и профилактические мероприятия по отношению к возбудителям грибковых заболеваний.

Список литературы

1.Медицинская микология: руководство для врачей / А.В. Зачиняева, А.В. Москалев, В.А. Андреев, В.Б. Сбойчаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. – С. 212–213.

2. Rajasthan declares black fungus an epidemic; cases pile up in several states, 10 points [Электронный ресурс] / D.A. Wadhawan, P. Jain, S. Shrivastava, K. Kunal // India Today. – URL: https://www.indiatoday.in/coronavirus-outbreak/story/rajasthan-declares-black-fungus-an-epidemic-cases-pile-up-in-several-states-10-points-1804470-2021-05-19 (дата обращения: 03.03.2022).

3. Schwartz I., Chakrabarti A. “Black fungus” is creating a whole other health emergency for COVID-stricken India [Электронный ресурс] // The Guardian. – URL: https://www.theguardian.com/commentisfree/2021/jun/02/black-fungus-covid-india-mucormycosis (дата обращения: 03.03.2022).

4. Waqar Bhatti M. Cases of Black Fungus emerge across Pakistan [Электронный ресурс] // The News International. – URL: https://www.thenews.com.pk/print/834117-cases-of-black-fungus-emerge-across-pakistan (дата обращения: 03.03.2022).

5. WHO. Focused COVID-19 Media Monitoring, Nepal (May 24, 2021) [Электронный ресурс] // OCHA ReliefWeb. – URL: https://reliefweb.int/report/nepal/focused-covid-19-media-monitoring-nepal-may-24-2021 (дата обращения: 03.03.2022).

Структурный анализ объектов санитарно-эпидемиологического надзора в Пермском крае

Э.В. Седусова, С.В. Бабина

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

Представлены результаты структурного анализа объектов санитарно-эпидемиологического надзора в Пермском крае в 2019 г. Установлено, что более 60 % объектов внутри групп чрезвычайно высокого, высокого, значительного, среднего и умеренного риска в Пермском крае отнесены к объектам, осуществляющим производство пищевых продуктов, общественного питания и торговли пищевыми продуктами и объектам организаций социального и коммунального назначения, что соответствует российской структуре объектов. В Пермском крае значительный вклад в структуру объектов значительного риска вносят объекты детских и подростковых организаций – 23,3 %.

Анализ структуры подведомственных и проверенных объектов показал, что в Пермском крае в 2019 г. усилен надзор за более опасными объектами, что соответствует принципам риск-ориентированного подхода.

Анализ нарушений санитарных требований объектами надзора показал, что лидерами по числу нарушений на один объект в 2019 г. в Пермском крае стали объекты детских и подростковых организаций (6,3 нарушения на один объект) и объекты промышленных предприятий (4,2 нарушения на один объект), что является основанием для повышения уровня риска данных объектов и соответственно увеличения интенсивности проверок на них.

Ключевые слова: риск-ориентированный подход, санитарно-эпидемиологический надзор, объект надзора, риск причинения вреда здоровью, вид деятельности.

С 2017 г. санитарно-эпидемиологический надзор осуществляется с применением риск-ориентированного подхода, направленного на усиление надзора за наиболее рисковыми объектами и снижение нагрузки за менее опасными. Подходы к отнесению объектов надзора к определенной категории риска причинения вреда здоровью граждан и, соответственно, выбору периодичности, форм и объема лабораторного сопровождения плановых надзорных мероприятий научно обоснованы, закреплены в 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» и востребованы органами Роспотребнадзора [1, 3–9]. В условиях наложения государством моратория на проведение плановых проверок в отношении объектов малого и среднего предпринимательства важно обеспечить санитарно-эпидемиологическое благополучие населения и сконцентрировать внимание на объектах, формирующих высокие риски для здоровья населения. Структура объектов надзора на территориях субъектов Российской Федерации имеет свои региональные особенности, которые должны быть учтены при формировании планов проверок территориальными органами Роспотребнадзора [2].

Целью исследования являлся структурный анализ объектов санитарно-эпидемиологического надзора в Пермском крае.

Материалы и методы. Для анализа структуры объектов санитарно-эпидемиологического надзора были использованы данные отраслевых статистических форм Роспотребнадзора № 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации» и № 1 «Сведения о результатах осуществления федерального государственного надзора территориальными органами Роспотребнадзора» за 2019 г. для Пермского края и Российской Федерации.

Результаты. По данным формы № 18 в 2019 г. в Пермском крае насчитывалось – 32 151 объект санитарно-эпидемиологического надзора (1,6 % от общего количества объектов по Российской Федерации).

Анализ структуры объектов санитарно-эпидемиологического надзора показал, что в 2019 г. наибольшее количество объектов надзора в Пермском крае приходится на объекты организаций коммунального и социального назначения и на объекты, осуществляющие производство пищевых продуктов, общественного питания и торговли пищевыми продуктами (64,0 % от общего количества объектов в Пермском крае), что соответствует в структуре объектов в Российской Федерации (табл. 1, рис. 1).

В 2019 г. в Пермском крае 81,78 % подведомственных Роспотребнадзору объектов санитарно-эпидемиологического надзора составили объекты значительной (20,7 %), средней (31,1 %) и умеренной (30,0 %) категории риска. Удельный вес объектов чрезвычайно высокого и высокого риска в Пермском крае составляет 12,99 %. Удельный вес объектов низкого риска в Пермском крае составляет 5,2 %, что в 2,7 раза меньше, чем в Российской Федерации (табл. 2, рис. 2).

Таблица 1

Количество объектов санитарно-эпидемиологического надзора по видам деятельности в Пермском крае и Российской Федерации и в 2019 г.

Вид деятельности	Пермский край		Российская Федерация	
	Количество подведомственных объектов, абс.	Количество проверенных объектов, абс.	Количество подведомственных объектов, абс.	Количество проверенных объектов, абс.
Организации коммунального и социального назначения	9866	1561	783 718	91 532
Детские и подростковые организации	4112	1570	179 071	83 809
Производство пищевых продуктов, общественного питания и торговли пищевыми продуктами	10 721	991	560 555	89 354
Промышленные предприятия	4364	244	226 723	21 982
Транспорт	3070	310	325 640	10 685
Рынки розничные	18	0	1169	0
Всего	32 151	4 676	2 076 876	297 362

Рис. 1. Структура подведомственных органам Роспотребнадзора объектов по видам деятельности в Пермском крае в 2019 г., %

Таблица 2

Количество объектов санитарно-эпидемиологического надзора по категориям риска причинения вреда здоровью населения в Пермском крае и Российской Федерации в 2019 г.

Категория риска	Пермский край, абс.	Российская Федерация, абс.
1. Чрезвычайно высокий	1073	90 255
2. Высокий	3 102	217 515
3. Значительный	6 643	397 004
4. Средний	10 009	602 254
5. Умеренный	9 642	479 595
6. Низкий	1 682	290 253
Всего	32 151	2 076 876

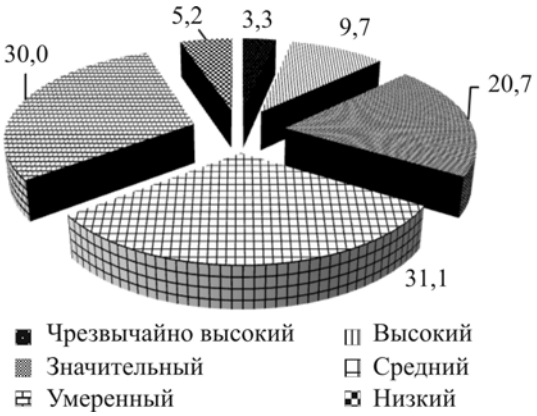


Рис. 2. Структура объектов санитарно-эпидемиологического надзора по категориям риска в Пермском крае в 2019 г., %

В 2019 г. в Пермском крае 62,9 % объектов чрезвычайно высокого риска относились к объектам, осуществляющим производство пищевых продуктов, общественного питания и торговли пищевыми продуктами, что в 2,9 раза больше российского показателя (табл. 3). 72,5 % объектов высокого риска относятся к объектам организаций коммунального и социального назначения. Согласно ст. 8.1 Федерального закона от 26.12.2008 № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» надзорные мероприятия на объектах чрезвычайно высокого и высокого риска проводятся с большей интенсивностью, чем на объектах более низкого риска.

Таблица 3

Удельный вес объектов надзора различных видов деятельности в структуре отдельных категорий риска в Пермском крае и Российский Федерации в 2019 г.

Вид деятельности	Категория риска											
	Пермский край						Российская Федерация					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1. Организации коммунального и социального назначения	37,09	72,53	34,19	18,12	29,71	15,93	52,95	53,63	39,21	31,95	35,58	34,64
2. Детские и подростковые организации	0,00	4,38	23,29	18,60	5,80	0,48	0,23	6,01	14,13	12,18	6,76	1,35
3. Производство пищевых продуктов, общественного питания и торговли пищевыми продуктами	62,91	17,05	27,02	43,46	32,25	15,58	21,95	20,73	25,23	31,84	31,23	18,59
4. Промышленные предприятия	0,00	6,03	12,24	8,70	24,39	8,38	12,26	12,06	12,04	10,74	11,48	7,53
5. Транспорт	0,00	0,00	3,24	11,05	7,74	59,63	12,61	7,54	9,34	13,23	14,86	37,85
6. Рынки розничные	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,07	0,08	0,04
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

В Пермском крае, как и в Российской Федерации, более 60 % объектов значительного риска приходится на объекты, осуществляющие производство пищевых продуктов, общественного питания и торговли пищевыми продуктами и объекты организаций коммунального и социального назначения. При этом в Пермском крае значительный вклад в структуру объектов значительного риска вносят объекты детских и подростковых организаций – 23,3 %.

Большая часть объектов среднего риска в Пермском крае приходится на объекты, осуществляющие производство пищевых продуктов, общественного питания и торговли пищевыми продуктами (43,5 %).

Больше половины объектов умеренного риска в Пермском крае относится к объектам организаций коммунального и социального назначения и объектам, осуществляющим производство пищевых продуктов, общественного питания и торговли пищевыми продуктами. Четверть объектов умеренного риска – это объекты промышленных предприятий, что в 2,1 раза больше по сравнению с российским показателем.

Наибольший вклад в структуру объектов низкого риска вносят объекты транспорта (в Пермском крае – 59,6 %).

В 2019 г. в Пермском крае 88,2 % проверенных объектов санитарно-эпидемиологического надзора составили объекты организаций коммунального и социального назначения, детских и подростковых организаций; объекты, осуществляющие производство пищевых продуктов, общественного питания и торговли пищевыми продуктами, что соответствует российскому показателю (89,01 %) (см. табл. 1, рис. 3). Анализ структуры подведомственных и проверенных объектов показал, что в Пермском крае в 2019 г. был усилен надзор за более опасными объектами, что соответствует принципам риск-ориентированного подхода.

Рис. 3. Структура проверенных объектов санитарно-эпидемиологического надзора по видам деятельности в Пермском крае в 2019 г., %

Соотнесение числа подведомственных и проверенных объектов санитарно-эпидемиологического надзора показало, что в 2019 г. как в Пермском крае, так и в Российской Федерации было проверено больше всего объектов детских и подростковых организаций от общего объема поднадзорных объектов соответствующего вида деятельности (в Пермском крае – 38,2 %; в Российской Федерации – 46,8 %).

Лидерами по числу нарушений санитарно-эпидемиологических требований на один объект в 2019 г. в Пермском крае стали объекты детских и подростковых организаций (6,3 нарушения на один объект) и объекты промышленных предприятий (4,2 нарушения на один объект), при этом пермские показатели превышали российские в 1,6 и 1,2 раза соответственно (табл. 4). В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 17.08.2016 № 806 «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» высокая частота нарушений санитарного законодательства является

основанием для повышения уровня риска данных объектов и соответственно увеличения интенсивности проверок на них.

Таблица 4

Количество нарушений санитарных требований в Пермском крае и в Российской Федерации в 2019 г.

Вид деятельности	Пермский край		Российская Федерация	
	Количество нарушений, абс.	Количество нарушений на один объект	Количество нарушений, абс.	Количество нарушений на один объект
Организации коммунального и социального назначения	4 421	2,8	233 073	2,6
Детские и подростковые организации	9 950	6,3	329 794	3,9
Производство пищевых продуктов, общественного питания и торговли пищевыми продуктами	3 041	3,1	267 108	3,0
Промышленные предприятия	1 030	4,2	77 280	3,5
Транспортные средства	133	0,4	2 387	0,2
Всего	18 575	4,0	909 642	3,1

Выводы. В 2019 г. в Пермском крае 81,8 % подведомственных Роспотребнадзору объектов санитарно-эпидемиологического надзора составили объекты значительной (20,7 %), средней (31,1 %) и умеренной (30,0 %) категории риска. Удельный вес объектов чрезвычайно высокого и высокого риска в Пермском крае составляет 13,0 %. В Пермском крае структура подведомственных объектов по категориям риска причинения вреда здоровью населения соответствует российской структуре, исключение – объекты низкого риска. Удельный вес объектов низкого риска в Пермском крае составляет 5,2 %, что в 2,7 раза меньше, чем в Российской Федерации.

Более 60 % объектов внутри групп чрезвычайно высокого, высокого, значительного, среднего и умеренного риска в Пермском крае отнесены к объектам, осуществляющим производство пищевых продуктов, общественного питания и торговли пищевыми продуктами и объектам организаций социального и коммунального назначения, что соответствует российской структуре. В Пермском крае значительный вклад в структуру объектов значительного риска вносят объекты детских и подростковых организаций – 23,3 %, что в 1,7 раза больше российского показателя. Четверть объектов умеренного риска – это объекты промышленных предприятий, что в 2,1 раза больше по сравнению с российским показателем. Наибольший вклад в структуру объектов низкого риска вносят объекты транспорта (в Пермском крае – 59,6 %; в Российской Федерации – 37,9 %).

Учитывая структуру подведомственных объектов, в 2019 г. в Пермском крае в рамках санитарно-эпидемиологического надзора больше всего было проверено объектов организаций коммунального и социального назначения, детских и подростковых организаций; объектов, осуществляющих производство пищевых продуктов, общественного питания и торговли пищевыми продуктами, – 88,2 % от общего объема проверенных объектов, что соответствует российскому показателю (89,0 %). Таким образом, структура проверенных в Пермском крае объектов соответствует принципам риск-ориентированного подхода – надзорные мероприятия на

объектах более высокого риска проведены с большей интенсивностью, чем на объектах более низкого риска.

При этом лидерами по числу нарушений на один объект в 2019 г. в Пермском крае стали объекты детских и подростковых организаций (6,3 нарушения на один объект) и объекты промышленных предприятий (4,2 нарушения на один объект), что является основанием для повышения уровня риска данных объектов и соответственно увеличения интенсивности проверок на них.

Список литературы

1. Андреева Е.Е. Новые подходы к планированию контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора на базе риск-ориентированной модели // Профилактическая и клиническая медицина. – 2017. – № 1 (62). – С. 20–24.

2. Андреева Е.Е. Особенности классификации объектов санитарно-эпидемиологического надзора по риску причинения вреда здоровью населения мегаполиса // Анализ риска здоровью. – 2016. – № 1 (13). – С. 87–95.

3. Гигиенический анализ структурного распределения потенциальных рисков причинения вреда здоровью населения и работающих при осуществлении деятельности промышленных предприятий / В.Г. Костарев, Н.В. Зайцева, С.В. Клейн, Э.В. Седусова, А.М. Андришунас // Гигиена и санитария. – 2011. – № 11. – С. 1301.

4. Камалтдинов М.Р., Цинкер М.Ю. Совершенствование алгоритмов планирования контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора в рамках риск-ориентированного подхода // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения: мат. всеросс. научно-практич. интернет-конф. молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с междунар. уч-ем / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. – С. 43–48.

5. Клейн С.В., Май И.В., Кирьянов Д.А. Гигиенический анализ потенциальных рисков причинения вреда здоровью при осуществлении деятельности аэровоздушных комплексов // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 3.– С. 268–275.

6. 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 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https: //docs.cntd.ru/document/555601296 (дата обращения: 25.03.2022).

7. Научно-методические подходы к формированию к риск-ориентированной модели санитарно-эпидемиологического надзора за деятельностью в сфере здравоохранения / Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов [и др.] // Медицинский альманах. – 2017. – № 4 (49). – С. 29–32.

8. О развитии системы риск-ориентированного надзора в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей / А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, И.В. Май [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2015. – № 4. – С. 4–12.

9. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. Опыт методической поддержки и практической реализации риск-ориентированной модели санитарно-эпидемиологического надзора: 2014–2017 гг. // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 1. – С. 5–9.

Изучение особенностей бионакопления и токсического действия наночастиц оксида молибдена (VI) при многократном пероральном поступлении в организм в сравнении с микроразмерным аналогом

М.С. Степанков

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

В связи с наличием у наночастиц оксида молибдена (VI) (НЧ MoO_3) токсических свойств возникает актуальность проведения исследований, направленных на углубленное изучение эффектов данного наноматериала на организм при различных путях экспозиции. Изучены особенности бионакопления и токсического действия НЧ MoO_3 при многократном пероральном поступлении в организм в сравнении с микрочастицами химического аналога (МЧ MoO_3). Размер частиц определяли методом растровой электронной микроскопии. Многократную пероральную экспозицию осуществляли на крысах по схеме, предложенной Лимом и соавторами. Через сутки после последней экспозиции проводили отбор сердца, лёгких, печени, почек, головного мозга и крови для определения концентрации молибдена и гистологического исследования. По показателю размера тестируемый образец MoO_3 является наноматериалом. При экспозиции НЧ MoO_3 увеличение концентрации молибдена относительно контрольного уровня зафиксировано в сердце, лёгких, печени, почках, головном мозге и крови в 12,10 – 361,75 раза; при экспозиции МЧ MoO_3 – в том же перечне органов и тканей – в 9,67 – 114,75 раза. Концентрация молибдена в исследованных органах и тканях при воздействии НЧ MoO_3 выше в 2,59 – 9,27 раза относительно воздействия МЧ MoO_3. У крыс, экспонированных НЧ и МЧ MoO_3, в печени установлен микровезикулярный стеатоз гепатоцитов. Только при воздействии НЧ MoO_3 зафиксированы патоморфологические изменения тканей лёгких в виде воспаления интерстиция, бронхов и сосудов, гиперплазии лимфоидной ткани, геморрагических инфарктов. По результатам выполненного исследования установлены более выраженная степень бионакопления и токсического действия НЧ MoO_3 в сравнении с МЧ MoO_3.

Ключевые слова: оксид молибдена (VI), наночастицы, пероральная экспозиция, токсичность.

Наноматериалы обладают уникальными физико-химическими свойствами, такими как малый размер, высокое соотношение площади поверхности к объему, поверхностный заряд, форма, растворимость, кристаллическая структура и др., в связи с чем активно внедряются в хозяйственную деятельность человека. В настоящее время наноматериалы используют в пищевой [5], химической [22], металлургической промышленности [8], биологии, медицине [28], сельском хозяйстве [6], аэрокосмической [31], нефтегазовой отраслях [7], автомобилестроении [29] и прочих сферах, что увеличивает риск загрязнения объектов окружающей среды и, как следствие, экспозиции населения. Предположительно, наноразмерные материалы при воздействии на живые системы обладают большей степенью проникающей способности и токсичности в сравнении с материалами микроразмерного диапазона [10, 15].

Одним из потенциально опасных наноматериалов являются наночастицы оксида молибдена (VI) (НЧ MoO_3). В проведенных ранее исследованиях установлено, что при проникновении в клетку НЧ MoO_3 способны увеличить продукцию свободных радикалов [20], нарушить функционирование органоидов [20], что приводит к нарушению метаболических процессов [11, 21, 33] и проявляется на тканево-органном уровне в виде патоморфологических изменений [2, 12].

Наличие токсических свойств обусловливает актуальность проведения исследований, направленных на углубленное изучение эффектов НЧ MoO_3 на организм при различных путях экспозиции.

Целью исследования является изучение особенностей бионакопления и токсического действия НЧ MoO_3 при многократном пероральном поступлении в организм в сравнении с микроразмерным аналогом.

Материалы и методы. Для проведения исследования использовали порошок НЧ MoO_3 производства компании Sigma-Aldrich, США. Для сравнительного анализа применяли порошок микрочастиц оксида молибдена (VI) (МЧ MoO_3) производства той же компании.

Размер частиц определяли методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на сканирующем микроскопе высокого разрешения S-3400N (HITACHI, Япония).

Эксперимент проводили на 30 самках крыс линии Wistar возрастом 12 недель массой 250–300 г в соответствии с требованиями Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных или в иных научных целях (ETS № 123) и этического комитета ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». После двухнедельной акклиматизации животных случайным образом распределили на три группы: опытная группа ($n = 10$) – для многократной пероральной экспозиции НЧ MoO_3, группа сравнения ($n = 10$) – для многократной пероральной экспозиции МЧ MoO_3, контрольная группа ($n = 10$) – животные, содержащиеся в аналогичных условиях без воздействия тестируемых материалов. Исследование проводили в соответствии с методикой, предложенной Лимом и соавт. [3]. Перед введением крысам тестируемые материалы переводили в форму гомогенизированных суспензий на основе бидистиллированной воды. Начальная исследуемая доза НЧ и МЧ MoO_3 составила 1/10 (200 мг/кг массы тела) среднелетальной дозы (LD_{50}) при однократной пероральной экспозиции. Каждые четверо суток дозу увеличивали в 1,5 раза. Экспозицию осуществляли до достижения гибели 50 % особей в одной из экспериментальных групп.

Через 24 ч после последней экспозиции крыс эвтанировали цервикальной дислокацией с последующей немедленной декапитацией, после чего проводили отбор сердца, лёгких, печени, почек, и головного мозга для изучения бионакопления и выявления патоморфологических изменений органов. Бионакопление НЧ и МЧ MoO_3 исследовали по показателю концентрации молибдена в органах. Дополнительно определяли концентрацию молибдена в крови. Отобранные образцы держали в муфельной печи при температуре 450–500 °С до перехода в состояние несгораемой золы, которую в дальнейшем растворяли в азотной кислоте. Полученный раствор анализировали на количественное содержание молибдена методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на масс-спектрометре Agilent 7500cx (Agilent, США).

Для проведения гистологического исследования отобранные образцы фиксировали в 10%-ном растворе нейтрального формалина с добавлением фосфатного

буфера. Дегидратацию фиксированных кусочков тканей проводили в автоматическом гистологическом процессоре Excelsior ES (Thermo Scientific, Германия). Гистологические препараты изготавливали из парафиновых срезов толщиной 3–4 мкм, окрашивая гематоксилином и эозином в роботе-окрашивателе Varistain Gemini ES (Thermo Scientific, Германия). Микрофотографии сделаны с помощью камеры Mikroskopkamera AxioCam ERc 5s (Carl Zeiss, Германия).

Значения концентрации молибдена в органах представлены в виде среднее ± стандартная ошибка среднего. Определение статистической значимости различий данных значений между экспериментальными группами осуществляли по *U*-критерию Манна – Уитни при уровне значимости $p \leq 0{,}05$, рассчитанному в программе Statistica 10.

Результаты. По результатам РЭМ образец тестируемого нанопорошка на 84,17 % состоит из частиц размером менее 100 нм средним размером 58,80 нм. Средний размер МЧ MoO_3 составил 3410 нм, что в 57,99 раза больше в сравнении с наноразмерным аналогом.

При многократном пероральном поступлении НЧ MoO_3 гибель крыс в опытной группе отмечена на 8-е ($n = 1$), 14-е ($n = 1$), 15-е ($n = 2$) и 16-е ($n = 1$) сутки экспозиции. Таким образом, гибель 50 % особей достигнута при суммарной дозе исследуемого наноматериала 6500 мг/кг массы тела на 16 сутки эксперимента. Гибель животных, экспонированных МЧ MoO_3, отмечена на 8-е ($n = 1$), 14-е ($n = 2$) и 15-е ($n = 1$) сутки эксперимента и составляет 40 % от общего числа животных группы сравнения. В контрольной группе гибели не наблюдалось.

Повышение концентрации молибдена при многократной пероральной экспозиции НЧ MoO_3 зафиксировано в сердце, лёгких, печени, почках, головном мозге и крови в 142,67 ($p < 0{,}05$), 231,86 ($p < 0{,}05$), 12,10 ($p < 0{,}05$), 46,39 ($p < 0{,}05$), 44,83 ($p < 0{,}05$) и 361,75 раза ($p < 0{,}005$) соответственно относительно контроля. Бионакопление МЧ MoO_3 отмечено в том же перечне органов и тканей. Концентрация молибдена в сердце, лёгких, печени, почках, головном мозге и крови крыс группы сравнения выше, чем в контроле, в 30,17 ($p < 0{,}05$), 25,00 ($p < 0{,}05$), 2,60 ($p < 0{,}05$), 17,90 ($p < 0{,}05$), 9,67 ($p < 0{,}05$) и 114,75 раза ($p < 0{,}005$) соответственно. Отличительной особенностью бионакопления НЧ MoO_3 от микроразмерного аналога является более высокая концентрация молибдена в сердце, лёгких, печени, почках, головном мозге и крови крыс в 4,73 ($p < 0{,}05$), 9,27 ($p < 0{,}05$), 4,66 ($p < 0{,}05$), 2,59 ($p < 0{,}05$), 4,64 ($p < 0{,}05$) и 3,15 раза ($p < 0{,}05$). Результаты исследования концентрации молибдена в органах и тканях представлены в табл. 1.

Таблица 1

Концентрация молибдена в органах экспонированных крыс ($p \leq 0{,}05$)

Органы и ткани	$M \pm m$		
	Опытная группа	Группа сравнения	Контрольная группа
Сердце, мкг/г	8,56 ± 1,49*^	1,81 ± 0,54*	0,06 ± 0,02
Лёгкие, мкг/г	16,23 ± 2,97*^	1,75 ± 0,07*	0,07 ± 0,01
Печень, мкг/г	9,56 ± 1,66*^	2,05 ± 0,42*	0,79 ± 0,03
Почки, мкг/г	19,02 ± 2,85*^	7,34 ± 1,04*	0,41 ± 0,04
Мозг, мкг/г	2,69 ± 0,90*^	0,58 ± 0,14*	0,06 ± 0,02
Кровь, мкг/см^3	14,47 ± 1,21*^	4,59 ± 1,70*	0,04 ± 0,01

Примечание: * – статистически значимое отличие от контрольной группы, ^ – статистически значимое отличие от группы сравнения.

Гистологическими методами исследования в паренхиматозной ткани печени крыс групп опыта и сравнения отмечен микровезикулярный стеатоз гепатоцитов. У крыс, экспонированных НЧ MoO_3, в тканях лёгких зафиксированы острая очаговая интерстициальная пневмония, васкулиты, бронхит, острое полнокровие, гиперплазия лимфоидной ткани, формирование реактивных фолликулов, геморрагические инфаркты. Не обнаружено патоморфологических изменений тканей сердца, лёгких, печени, почек и головного мозга крыс контрольной группы (рисунок).

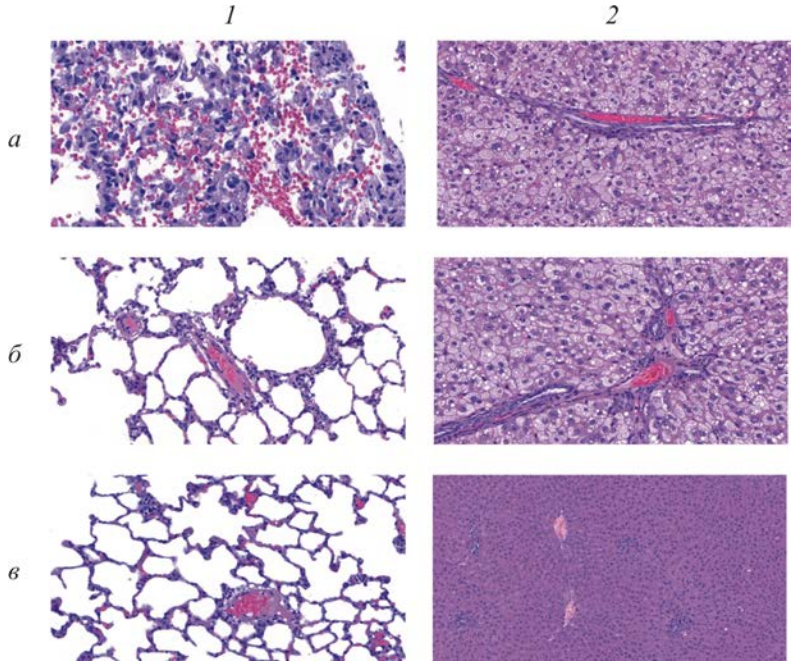


Рис. Микрофотографии гистологических препаратов органов крыс, окраска гематоксилином и эозином: *1* – лёгкие (масштаб 400:1), *2* – печень (масштаб 200:1); *а* – опытная группа, *б* – группа сравнения, *в* – контрольная группа

При пероральном проникновении в организм НЧ MoO_3 взаимодействуют с щелочной средой кишечника. В исследовании [23] НЧ MoO_3 частично растворяются в средах с различным уровнем pH. При этом количество растворенного наноматериала возрастает при увеличении значения pH. НЧ MoO_3 и получившиеся в результате диссоциации ионы Mo^{6+} преодолевают кишечный барьер, всасываются в кровь и распространяются по организму, накапливаясь в различных органах и тканях. Отличительной особенностью бионакопления наноматериала является большая концентрация молибдена в органах крыс, чем при воздействии микроразмерного аналога (в 2,59–9,27 раза выше). НЧ обладают меньшими размерами в сравнении с МЧ, что позволяет им более эффективно преодолевать защитные барьеры организма и проникать в клетки тканей органов, в связи с чем обладают большей степенью материальной кумуляции в сравнении с микроразмерными аналогами [10, 16, 30].

По результатам проведенного гистологического исследования у крыс при многократной пероральной экспозиции НЧ и МЧ MoO_3 отмечен микровезикуляр-

ный стеатоз гепатоцитов. Механизм развития данной патологии при воздействии токсичных веществ обусловливают нарушением синтеза апопротеина, вызванным блокадой ферментных систем, что приводит к нарушению переноса липопротеидов через мембрану паренхиматозных клеток печени. Задерживаясь в цитоплазме, данные белки трансформируются и накапливаются в гепатоцитах в виде триглицеридов [1, 14]. Последствием накопления триглицеридов может стать разрушение лизосом, приводящее к высвобождению в цитоплазму катепсина B, способствующего развитию митохондриальной дисфункции, что усиливает продукцию внутриклеточных активных форм кислорода (АФК) [32]. Предположение о нарушении функций митохондрий подтверждается в исследовании *in vitro* на иммортализированных клетках крысиной печени линии BRL 3A, экспонированных НЧ MoO_3. Помимо снижения уровня активности лактатдегидрогеназы, указывающего на повреждение мембран клеток, установлено снижение митохондриальной активности, при этом отмечено, что наночастицы меньшего размера обладают более выраженным эффектом [19]. В целом, стоит отметить, что снижение активности митохондрий при экспозиции НЧ MoO_3 установлено в исследованиях *in vitro* на множестве различных клеточных линий [4, 13, 18, 20, 21]. Еще один из механизмов развития жировой дистрофии может быть связан со способностью НЧ MoO_3 повреждать клеточную мембрану [18]. Вероятно, воздействие НЧ MoO_3 на клеточную мембрану может способствовать фанерозу включенных в состав мембраны липопротеидных комплексов, в результате чего высвобождаются жиры, которые в дальнейшем проникают и накапливаются внутри клетки [1]. Прогрессирование жировой дистрофии гепатоцитов приводит к фиброзу и циррозу печени [9].

В исследованиях *in vivo* и *in vitro* доказана способность НЧ MoO_3 усиливать генерацию внутриклеточных АФК, что приводит к окислительному стрессу [17, 20, 21, 33] и развитию воспалительного процесса [24, 25]. В данном исследовании при многократной пероральной экспозиции НЧ MoO_3 воспалительная реакция отмечена в бронхах, интерстиции и сосудах лёгких крыс. Предположительно, механизм развития воспаления, вызванного действием НЧ MoO_3, связан с усилением экспрессии генов, отвечающих за продуцирование таких провоспалительных цитокинов, как интерлейкин-6 (IL-6), IL-8, IL-1β, фактор некроза опухоли альфа [21]. Характерным явлением в ходе развития воспалительного процесса является гиперплазия лимфоидной ткани [26], что наблюдается в данном исследовании в лёгких крыс опытной группы. Вероятной причиной геморрагических инфарктов лёгких крыс опытной группы может быть разрыв стенок сосудов подверженных васкулиту в связи с дегенеративными изменениями внутренней эластической мембраны[1] [27, 31].

В сердце, почках и головном мозге крыс, экспонированных НЧ MoO_3, не зафиксировано патоморфологических изменений тканей, несмотря на бионакопление наноматериала. Возможно, это объясняется начальным этапом изменений, происходящих на субклеточном уровне, что невозможно установить с помощью световой микроскопии или недостаточной концентрацией вещества для инициации токсического процесса в данных органах.

[1] Overview of vasculitis [Электронный ресурс] // MSD Manual. – URL: https://www.msdmanuals.com/professional/musculoskeletal-and-connective-tissue-disorders/vasculitis/overview-of-vasculitis (дата обращения: 10.09.2021).

Выводы. По результатам выполненного исследования установлено, что НЧ MoO_3 обладают большей степенью бионакопления при многократном пероральном поступлении в сердце, лёгких, печени, почках, головном мозге и крови экспонированных крыс в сравнении с МЧ MoO_3. НЧ MoO_3 обладают большей степенью токсичности относительно микроразмерного аналога, что отмечено в большем перечне органов, подверженных патоморфологическим изменениям. Установленные особенности бионакопления и токсического действия НЧ MoO_3 необходимо учитывать при разработке мер профилактики для работников и населения, подвергающихся воздействию наноматериала, и совершенствовании методологии гигиенического нормирования наноматериалов в объектах окружающей среды.

Список литературы

1. Малова И.Ю. Общее учение о дистрофиях (методическое пособие). – Майкоп, 2014. – 108 с.

2. Сизова Е.А., Мирошников С.А., Калашников В.В. Цитоморфологические и биохимические показатели крыс линии Wistar под влиянием молибденсодержащих наночастиц // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51, № 6. – С. 929–936.

3. A method for the evaluation of cumulation and tolerance by the determination of acute and subchronic median effective doses / R.K. Lim, K.G. Rink, H.G. Glass [et al.] // Arch. Int. Pharmacodyn. Ther. – 1961. – Vol. 130. – P. 336–353.

4. A morphological, enzymatic and metabolic approach to elucidate apoptotic-like cell death in fungi exposed to h- and α-molybdenum trioxide nanoparticles / C. Chaves-Lopez, H.N. Nguyen, R.C. Oliveira [et al.] // Nanoscale. – 2018. – Vol. 10, № 44. – P. 20702–20716.

5. An overview of the applications of nanomaterials and nanodevices in the food industry / M. Shafiq, S. Anjum, C. Hano [et al.] // Foods. – 2020. – Vol. 9, № 2. – P. 27.

6. Application of nanotechnology in agriculture, postharvest loss reduction and food processing: food security implication and challenges / K. Neme, A. Nafady, S. Uddin [et al.] // Heliyon. – 2021. – Vol. 7, № 12. – P.12.

7. Applications of graphene and Its derivatives in the upstream oil and gas industry: a systematic review / L. Fu, K. Liao, B. Tang [et al.] // Nanomaterials (Basel). – 2020. – Vol. 10, № 6. – P. 31.

8. Borodianskiy K., Zinigrad M. Nanomaterials applications in modern metallurgical processes // Diffusion Foundations. – 2016. – Vol. 9. – P. 30–41.

9. Cerium oxide nanoparticles display antilipogenic effect in rats with non-alcoholic fatty liver disease / S. Carvajai, M. Perramón, D. Oró [et al.] // Scientific Reports. – 2019. – Vol. 9, № 1. – P. 20.

10. Dependence of Nanoparticle Toxicity on Their Physical and Chemical Properties / A. Sukhanova, S. Bozrova, P. Sokolov [et al.] // Nanoscale Research Letters. – 2018. – Vol. 13, № 44. – P.21.

11. Effect of molybdenum trioxide nanoparticles (MoO_3 NPs) on thyroid hormones in female rats / F. Assadi, H. Amirmoghaddami, M. Shamseddin [et al.] // Journal of Human Environent and Health Promotion. – 2016. – Vol. 1, № 4. – P. 189–195.

12. Effect of molybdenum trioxide nanoparticles on histological changes of uterus and biochemical parameters of blood serum in rat / S. Fazelipour, F. Assadi, Z. Tootian [et al.] // Comparative Clinical Pathology. – 2020. – Vol. 29. – P. 991–999.

13. Glioma cells eradication by photoexcitation of bioengineered molybdenum trioxide nanoparticles synthesized by wet chemical and microwave route: dose dependent photosensitizer bioactivity / M. Masjedi-Arani, M. Amiri, O. Amiri [et al.] // International Journal of Pharmaceutics. – 2020. – Vol. 591. – P.11.

14. Hautekeete M.L., Degott C., Benhamou J.P. Microvesicular steatosis of the liver // Acta Clinica Belgica. – 1990. – Vol. 45, № 5. – P. 311–326.

15. Hewitt R.E., Chappel H.F., Powell J.J. Small and dangerous? Potential toxicity mechanisms of common exposure particles and nanoparticles // Current Opinion in Toxicology. – 2020. – Vol. 19. – P. 93–98.

16. Huang Y.-W., Cambre M., Lee H.-J. The toxicity of nanoparticles depends on multiple molecular and physicochemical mechanisms // International Journal of Molecular Sciences. – 2017. – Vol. 18, № 12. – P.13.

17. Impact of molybdenum nanoparticles on survival, activity of enzymes, and chemical elements in Eisenia fetida using test on artificial substrata / S. Lebedev, E. Yasheva, L. Galaktionova [et al.] // Environmental Science and Pollution Research International. – 2016. – Vol. 23, № 18. – P. 18099–18110.

18. In vitro cytotoxicity of nanoparticles in mammalian germline stem cells / L. Braydich-Stolle, S. Hussain, J.J. Schlager [et al.] // Toxicological Sciences. – 2005. – Vol. 88, № 2. – P. 412–419.

19. In vitro toxicity of nanoparticles in BRL 3A rat liver cells / S.M. Hussain, K.L. Hess, J.M. Gearhart [et al.] // Toxicology In Vitro. – 2005. – Vol. 19, № 7. – P. 975–983.

20. Indrakumar J., Korrapati P.S. Steering efficacy of nano molybdenum towards cancer: mechanism of action // Biological Trace Element Research. – 2020. – Vol. 194, № 1. – P. 121–134.

21. In-vitro toxicity of molybdenum trioxide nanoparticles on human keratinocytes / K. Božinović, D. Nestić, U.G. Centra [et al.] // Toxicology. – 2020. – Vol. 444. – P. 11.

22. Nanoparticle: role in chemical industries, potential sources and chemical catalysis applications / S. Piracha, S. Saleem [et al.] // Scholars International Journal of Chemistry and Material Sciences. – 2021. – Vol. 4, № 4. – P. 40–45.

23. Oxidation state of Mo affects dissolution and visible-light photocatalytic activity of MoO_3 nanostructures / J. Peña-Bahamonde, C. Wu, S.K. Fanourakis [et al.] // Journal of Catalysis. – 2020. – Vol. 381. – P. 508–519.

24. Pham-Huy L.A., He H., Pham-Huy C. Free radicals, antioxidants in disease and health // International Journal of Biomedical Science. – 2008. – Vol. 4, № 2. – P. 89–96.

25. Phanindra A., Jestadi D.B., Periyasamy L. Free radicals: properties, sources, targets, and their implication in various diseases // Indian Journal of Clinical Biochemistry. – 2015. – Vol. 30, № 1. – P. 11–26.

26. Primary pulmonary lymphoid lesions: radiologic and pathologic findings / A. Sirajuddin, K. Raparia, V.A. Lewis [et al.] // Radiographics. – 2016. – Vol. 36, № 1. – P. 53–70.

27. Pulmonary infarction in acute pulmonary embolism / F.H.J. Kaptein, L.J.M. Kroft, G. Hammerschlag [et al.] // Thrombosis Research. – 2021. – Vol. 202. – P. 162–169.

28. Salata O.V. Applications of nanoparticles in biology and medicine // Journal of Nanobiotechnology. – 2004. – Vol. 2, № 1. – P. 6.

29. Shafique M., Luo X. Nanotechnology in transportation vehicles: an overview of Its applications, environmental, health and safety concerns // Materials (Basel). – 2019. – Vol. 12, № 15. – P. 32.

30. Systematic determination of the relationship between nanoparticle core diameter and toxicity for a series of structurally analogous gold nanoparticles in zebrafish / L. Truong, T. Zaikova, B.l. Baldock [et al.] // Nanotoxicology. – 2019. – Vol. 13, № 7. – P. 879–893.

31. The applications of ultra-thin nanofilm for aerospace advanced manufacturing technology / G. Xie, H. Bai, G. Miao [et al.] // Nanomaterials (Basel). – 2021. – Vol. 11, № 12. – P. 9.

32. The lysosomal-mitochondrial axis in free fatty acid – induced hepatic lipotoxicity / Z.Z. Li, M. Berk, T.M. McIntyre [et al.] // Hepatology. – 2008. – Vol. 47, № 5. – P. 1495–1503.

33. Toxicity of nano molybdenum trioxide toward invasive breast cancer cells / T.A. Tran, K. Krishnamoorthy, Y.W. Song [et al.] // ACS Applied Materials & Interfaces. – 2014. – V. 6, № 4. – P. 2980–2986.

Структура питания и оценка неканцерогенного риска здоровью детей первого года жизни

Ю.Л. Тихонова, О.Ю. Милушкина

ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава РФ,
г. Москва, Россия

В настоящее время остается актуальным изучение структуры питания детей первого года жизни с точки зрения оценки возможного поступления в детский организм чужеродных веществ с продуктами докорма и прикорма и расчета неканцерогенного риска на здоровье детского населения. Целью исследования являлась оценка неканцерогенного риска здоровью детей первого года жизни на основании изучения структуры питания и анализа содержания тяжелых металлов в продуктах. Были опрошены 600 матерей в различных ЛПУ, осуществлен анализ содержания тяжелых металлов в продуктах детского питания по данным федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга Российской Федерации (ФИФ СГМ РФ), рассчитан неканцерогенный риск здоровью детей первого года жизни. Оценка структуры питания позволила установить, что 37,3 % детей на первом году жизни находятся на грудном вскармливании, остальные дети получают смешанное или искусственное вскармливание. В возрасте 4–6 месяцев 74,7 % детей матери вводят прикорм и чаще используют фруктовые и овощные продукты, каши и мясные/мясорастительные консервы. Эти же виды продуктов имеют самые высокие показатели по содержанию тяжелых металлов (свинец, кадмий, мышьяк, ртуть). Расчеты экспозиций и коэффициентов опасности (HQ_{med}) на основании медианы содержания тяжелых металлов в продуктах питания для детей первого года жизни, находящихся на разных типах вскармливания, показали следующее: для детей, находящихся на грудном или смешанном вскармливании, HQ_{med} в продуктах питания остаются в пределах единицы, что не требует более углубленного исследования. А для детей, находящихся на искусственном вскармливании, с увеличением месяца жизни HQ_{med} возрастают, и показатели становятся больше единицы (HQ_{med}Pb=1,1; HQ_{med}Cd=1,37; HQ_{med}As=1,39), что требует более углубленной оценки, так как может приводить к накопле-

нию тяжелых металлов в организме и отрицательно сказываться на здоровье, увеличивая потенциальный риск развития различных заболеваний.

Ключевые слова: детское питание, тяжелые металлы, неканцерогенный риск.

В настоящее время не потерял своей актуальности вопрос питания детей первого года жизни. Питание детей – это один из факторов внешней среды, влияющий на состояние здоровья детского населения. Продолжительность грудного вскармливания, время перехода на смешанное или искусственное вскармливание, введение прикорма – это важные моменты в жизни детей первого года жизни. Полноценное и сбалансированное питание детей с самого рождения позволит снизить риск заболеваемости, сохранить здоровье и повысить функциональные возможности детей [6, 15, 16, 21, 22]. Однако доступность разнообразных молочных смесей (адаптированных и частично адаптированных) для искусственного вскармливания позволяет матерям отказываться от грудного вскармливания и переходить на искусственное, что может приводить к снижению адаптационных возможностей детского организма. По данным ВОЗ в начале прошлого века вскармливание детей было преимущественно грудным (70–80 %), в начале нашего века доля грудного вскармливания снизилась до 30–50 %. В рамках программы «Десятилетия Детства» (2018–2027 гг.) объявлена широкая пропаганда и поддержка грудного вскармливания. При переходе на искусственное вскармливание изменяется иммунологический статус, снижаются защитные силы организма ребенка, возрастает риск развития различных алиментарно-зависимых заболеваний [2, 9, 10]. Через продукты докорма и прикорма в детский организм могут поступать различные чужеродные вещества, что будет приводить к увеличению химической нагрузки [3, 5, 7, 8, 11, 12]. В настоящее время наблюдается тенденция роста заболеваемости среди детского населения [4]. Детский организм чувствителен к химической нагрузке, и наличие солей тяжелых металлов (свинец, кадмий, мышьяк, ртуть), даже в концентрациях ниже предельно допустимых, влияет на здоровье детского населения, увеличивая потенциальный риск развития заболеваний [1, 4, 8, 11, 13–15].

Цель исследования – оценка неканцерогенного риска здоровью детей первого года жизни на основании изучения структуры питания (вид вскармливания, сроки введения и виды прикормов) и анализа содержания тяжелых металлов в продуктах.

Материалы и методы. Анализ проводился по данным ФИФ СГМ РФ за 2012–2017 гг., проанализированы показатели контаминации тяжелыми металлами (свинец, кадмий, мышьяк, ртуть) продуктов питания для детей первого года жизни (форма 18 «Сведения о санитарном состоянии субъектов РФ»). Было проведено социально-гигиеническое исследование (анкетирование 600 респондентов в лечебно-профилактических учреждениях г. Москвы и г. Шахты Ростовской области). Выбор учреждений для проведения исследования осуществлялся методом случайных опросов. Обследование проведено только с согласия опрошенного. Опрос проводился анонимно и добровольно. Данная работа не подвергает опасности благополучие субъектов исследования и не ущемляет их права в соответствии с требованиями биомедицинской этики, утвержденными Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (2000). Каждому опрошенному было предложено ответить на 51 вопрос. Предметом исследования явилось изучение структуры питания детей первого года жизни. Вопросы были сгруппированы по следующим направлениям: вид вскармливания, продолжительность естественного вскармливания, начало искусственного вскармливания и вид используемых продуктов, коли-

чество, сроки и виды введения прикормов. По сформированным базам данных проведена статическая обработка с использованием параметрических методов с использованием компьютерных программ Microsoft Word 2010 и Microsoft Excel 2010, были рассчитаны средние концентраций (и их ошибки) тяжелых металлов в контаминированных пробах продуктов питания детей первого года жизни по Российской Федерации за 2012–2017 гг. Проведено сопоставление результатов контаминации продуктов питания для детей первого года жизни с видами продуктов, используемых для искусственного вскармливания, и видов продуктов, наиболее часто используемых в качестве прикормов. Были рассчитаны экспозиции и коэффициенты опасности на основании медианы содержания свинца, кадмия, ртути и мышьяка в продуктах питания для детей первого года жизни, находящихся на разных типах вскармливания, руководствуясь МУ 2.3.7.2519–09.

Результаты. При изучении распределения детского контингента по типу вскармливания было установлено, что 37,3 % детей первого года жизни находятся на грудном вскармливании. Остальные 62,7 % детей получают смешанное или искусственное вскармливание (рис. 1). С рождения на искусственном вскармливании находятся 7,8 % детей.

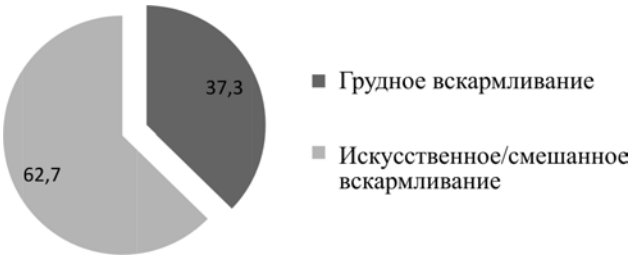


Рис. 1. Типы питания детей первого года жизни, %

Анкетирование было проведено в лечебно-профилактических учреждениях двух городов: г. Москва и г. Шахты. В г. Москве преобладает смешанное или искусственное вскармливание (грудной вскармливание получают 30,5 % детей). В г. Шахты (Ростовская область) преобладает грудное вскармливание (51,2 %), и 48,8 % детей находятся на смешанном или искусственном вскармливании (рис. 2).

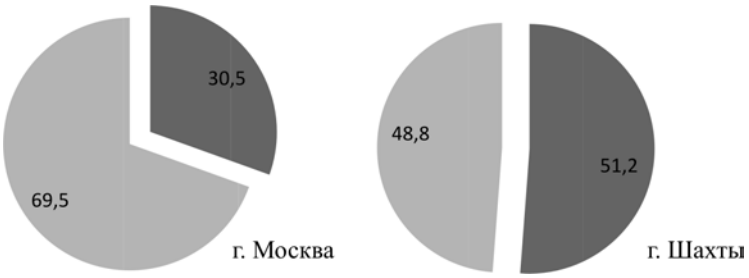


Рис. 2. Питание детей первого года жизни в разных городах, %

Установлено, что в 74,7 % случаев матери начинают вводить первый прикорм в возрасте 4–6 месяцев (как и рекомендуется врачами-педиатрами). Однако

в 14,5 % случаев прикорм вводится ранее 4 месяцев, а в 10,8 % случаев прикорм вводится позже 6 месяцев (рис. 3).

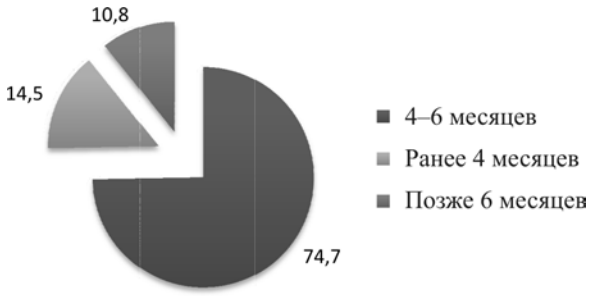


Рис. 3. Возраст введения первого прикорма, %

Было установлено: более трети матерей в качестве первого прикорма вводят фруктовые пюре (33,9 %), на втором месте – фруктово-овощные продукты прикорма (21,3 %), на третьем месте – каши (16,3 %), на четвертом месте – овощные пюре (11,3 %), далее – творог (2,9 %), кисломолочные продукты (2,3 %) и молочные продукты (1,4 %). Остальные 10,6 % респондентов указали, что одновременно вводили продукты из двух групп: фрукты и каши, овощи и каши, фрукты и кисломолочные продукты (рис. 4).

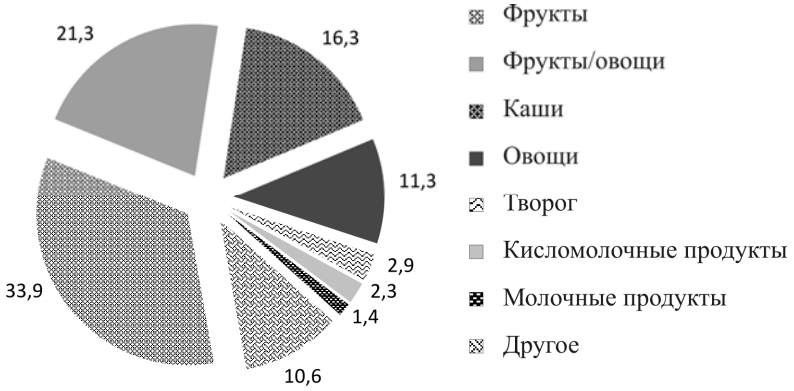


Рис. 4. Распределение типов продуктов детского питания, введенных в качестве первого прикорма, %

Проанализирована структура питания по среднему количеству основных продуктов питания для детей первого года жизни, находящихся на искусственном вскармливании и на грудном или смешанном вскармливании (табл. 1, 2).

При искусственном вскармливании основу в питании детей первого года жизни составляют адаптированные и частично адаптированные молочные смеси. После шести месяцев жизни существенную роль в питании начинают играть такие продукты, как плодоовощные, злаковые и жидкие кисломолочные. Для детей, находящихся на грудном или смешанном вскармливании, с 4–6 месяцев матери начинают вводить продукты прикорма, больше всего их приходится на плодоовощные продукты. Начиная со второй половины года, увеличивается количество потребления детьми плодоовощных, злаковых и жидких кисломолочных продуктов.

Таблица 1

Средняя величина порции продуктов питания для детей первого года жизни, находящихся на искусственном вскармливании, г/сут ($M \pm m$)

Наименование группы продуктов	Средняя величина порции, г/сут ($M \pm m$)			
	0–3 мес. жизни	4–6 мес. жизни	7–9 мес. жизни	10–12 мес. жизни
1. Продукты для прикорма на плодоовощной основе	–	98,3 ± 1,5	147,1 ± 1,4	252,2 ± 1,6
2. Злаковые продукты	–	61,3 ± 1,3	178,6 ± 1,5	258,7 ± 1,8
2а. Каши быстрорастворимые	–	*51,5 ± 1,1*	*103,8 ± 1,2*	*119,5 ± 1,3*
2б. Каши, крупы и мука, требующие варки	–	–	*52,7 ± 0,8*	*106,8 ± 1,4*
2в. Растворимое печенье	–	*9,8 ± 0,9*	*22,1 ± 1,1*	*32,4 ± 1,3*
3. Консервы мясные, рыбные и с растительным компонентом	–	–	38,3 ± 1,6	73,4 ± 1,5
3а. Консервы мясные и мясорастительные	–	–	*38,3 ± 1,6*	*54,5 ± 1,3*
3б. Консервы рыбные и рыборастительные	–	–	–	*18,9 ± 0,9*
4. Творог и творожные изделия	–	–	39,4 ± 0,8	52,5 ± 1,1
Наименование группы продуктов	Средняя величина порции, г/сут ($M \pm m$)			
	0–3 мес. жизни	4–6 мес. жизни	7–9 мес. жизни	10–12 мес. жизни
5. Молочные продукты	758,5 ± 9,8	817,4 ± 12,7	860,5 ± 14,3	1016,1 ± 13,2
5а. Молочные продукты (кроме молочных смесей)	–	–	–	*194,7±2,1*
5б. Адаптированные и частично адаптированные молочные смеси	*758,5 ± 9,8*	*817,4 ± 12,7*	*860,5 ± 14,3*	*821,4 ± 12,7*
6. Жидкие кисломолочные продукты	–	–	189,6 ± 3,9	378,3 ± 7,1
7. Детские инстантные чаи	–	5	7,5	10

Таблица 2

Средняя величина порции продуктов питания для детей первого года жизни, находящихся на грудном или смешанном вскармливании, г/сут ($M \pm m$)

Наименование группы продуктов	Средняя величина порции, г/сут ($M \pm m$)			
	0–3 мес. жизни	4–6 мес. жизни	7–9 мес. жизни	10–12 мес. жизни
1. Продукты для прикорма на плодоовощной основе	–	83,6 ± 3,4	106,5 ± 8,2	218,2 ± 6,5
2. Злаковые продукты	–	49,9 ± 2,8	127,6 ± 9,5	207,7 ± 6,3
2а. Каши быстрорастворимые	–	*39,1 ± 2,6*	*94,1 ± 6,8*	*119,5 ± 3,6*
2б. Каши, крупы и мука, требующие варки	–	–	*20,4 ± 3,5*	*66,8 ± 3,5*
2в. Растворимое печенье	–	*10,8 ± 1,3*	*13,1 ± 1,2*	*21,4 ± 3,8*
3. Консервы мясные, рыбные и с растительным компонентом	–	–	26,8 ± 5,3	61,6 ± 5,9
3а. Консервы мясные и мясорастительные	–	–	*26,8 ± 5,3*	*48,7 ± 7,3*
3б. Консервы рыбные и рыборастительные	–	–	–	*12,9 ± 2,8*
4. Творог и творожные изделия	–	–	32,7 ± 2,3	48,5 ± 3,3
5. Молочные продукты	473,3 ± 12,6	542 ± 15,8	587,4 ± 20,5	683,1 ± 26,2
5а. Молочные продукты (кроме молочных смесей)	–	–	–	*155,7 ± 8,1*
5б. Адаптированные и частично адаптированные молочные смеси	*473,3 ± 12,6*	*542 ± 15,8*	*587,4 ± 20,5*	*527,4 ± 29,7*
6. Жидкие кисломолочные продукты	–	–	119,2 ± 10,7	286,3 ± 14,1
7. Детские инстантные чаи	–	3	6	8

Были проанализированы уровни контаминации групп пищевых продуктов детского питания по тяжелым металлам (табл. 3).

Таблица 3

Уровни контаминации продуктов детского питания по тяжелым металлам в среднем за 2012–2017 гг. по Российской Федерации

№ п/п	Наименование группы продуктов	Средняя концентрация свинца, мг/кг $M \pm m$	Средняя концентрация кадмия, мг/кг $M \pm m$	Средняя концентрация ртути, мг/кг $M \pm m$	Средняя концентрация мышьяка, мг/кг $M \pm m$	Средняя концентрация тяжелых металлов, мг/кг $M \pm m$
1	Продукты для прикорма на плодоовощной основе	0,0347 ± 0,0024	0,0071 ± 0,0023	0,0142 ± 0,0123	0,0156 ± 0,0013	0,0213 ± 0,0021
2	Злаковые продукты	0,035 ± 0,0023	0,008 ± 0,0006	0,002 ± 0,0002	0,02 ± 0,0024	0,0199 ± 0,0012
2а	*Каши быстрорастворимые*	*0,0359 ± 0,0029*	*0,0076 ± 0,0008*	*0,0019 ± 0,0029*	*0,0171 ± 0,0022*	*0,0195 ± 0,0014*
2б	*Каши, крупы и мука, требующие варки*	*0,0269 ± 0,0036*	*0,0082 ± 0,0009*	*0,0019 ± 0,0004*	*0,025 ± 0,0067*	*0,0178 ± 0,0020*
2в	*Растворимое печенье*	*0,0618 ± 0,0119*	*0,0118 ± 0,0035*	*0,0035 ± 0,0006*	*0,0462 ± 0,0172*	*0,0367 ± 0,0073*
3	Консервы мясные, рыбные, в том числе растительные	0,0359 ± 0,004	0,008 ± 0,0016	0,0041 ± 0,0004	0,0147 ± 0,0032	0,0195 ± 0,0019
3а	*Консервы мясные и мясорастительные*	*0,0363 ± 0,0045*	*0,0058 ± 0,0008*	*0,0039 ± 0,0005*	*0,0119 ± 0,0021*	*0,0194 ± 0,0021*
3б	*Консервы рыбные и рыборастительные*	*0,032 ± 0,0062*	*0,0176 ± 0,0072*	*0,0055 ± 0,0011*	*0,0275 ± 0,0146*	*0,021 ± 0,0043*
4	Творог и творожные изделия	0,0179 ± 0,0022	0,0072 ± 0,0009	0,002 ± 0,0003	0,019 ± 0,0029	0,0124 ± 0,0011
5	Молочные продукты	0,0139 ± 0,0017	0,0076 ± 0,0029	0,0017 ± 0,0001	0,0116 ± 0,0009	0,0098 ± 0,001
5а	*Молочные продукты (кроме молочных смесей)*	*0,0127 ± 0,0016*	*0,0134 ± 0,0083*	*0,0018 ± 0,0003*	*0,01 ± 0,0012*	*0,0105 ± 0,0022*
5б	*(Частично) адаптированные молочные смеси*	*0,0146 ± 0,0025*	*0,0046 ± 0,0005*	*0,0016 ± 0,0002*	*0,0127 ± 0,0012*	*0,0094 ± 0,001*
6	Жидкие кисломолочные продукты	0,0094 ± 0,0009	0,0057 ± 0,0005	0,0026 ± 0,0002	0,0123 ± 0,0012	0,0076 ± 0,0005
7	Детские инстантные чаи	0,0992 ± 0,0597	0,0183 ± 0,0071	0	0,0383 ± 0,0059	0,0589 ± 0,0286

Наиболее контаминированы все группы продуктов свинцом и мышьяком, меньше всего уровни контаминации кадмием и ртутью. Свинцом больше всего контаминированы консервы мясные, злаковые и плодоовощные продукты. Мышьяком больше всего контаминированы злаковые, творожные и плодоовощные продукты. Кадмием больше всего контаминированы злаковые и плодоовощные продукты, а также творог и творожные изделия. Ртути больше всего обнаружено в плодоовощных продуктах, консервах мясных и жидких кисломолочных продуктах. Из представленных материалов видно, что контаминированы чаще и больше всего продукты, которые используются в качестве первого прикорма.

Хотя молочные продукты и имеют среднюю концентрацию контаминации в 1,5–2,3 раза ниже, чем аналогичные средние концентрации по Российской Федерации, но именно эти продукты и используются в качестве основного продукта докорма для детей, находящихся на искусственном или смешанном вскармливании, и, следовательно, при систематическом употреблении могут создавать существенную химическую нагрузку на детский организм. Детские инстантные чаи, хотя и имеют самую высокую среднюю концентрацию, но употребляются в крайне малых количествах.

Были проанализированы группы продуктов, потребляемых детьми первого года жизни, находящихся на искусственном и грудном/смешанном вскармливании, с точки зрения долевого вклада поступления тяжелых металлов в организм: как по свинцу, кадмию, ртути, мышьяку, так и в сумме по средней концентрации в продуктах питания (рис. 5, 6, 7).

Наибольший вклад в поступление тяжелых металлов в организм ребенка в возрасте 4–6 месяцев жизни вносят молочные смеси (39,9–77,2 %) и чаще всего в них содержатся мышьяк и кадмий. На втором месте – плодоовощные продукты (11,5–54,9 %), чаще всего – это ртуть и свинец. И меньше всего тяжелых металлов поступает со злаковыми продуктами (4,7–15,7 %) и в основном – это свинец. Кадмий, свинец и мышьяк в основном поступают с молочными смесями, ртуть – больше всего поступает с плодоовощной продукцией.

Наибольший вклад в поступление тяжелых металлов в организм ребенка 7–9 месяцев жизни вносят молочные смеси (29,5–51,6 %) и чаще всего в них содержатся мышьяк и кадмий. На втором месте – плодоовощные продукты (10,8 –47,4 %), чаще всего – это ртуть и свинец. Меньше всего тяжелые металлы поступает со злаковыми продуктами (8,3–23,4 %) и в основном – это мышьяк и свинец. Мышьяк, кадмий и свинец в основном поступают с молочными смесями, ртуть – больше всего поступает с плодоовощной продукцией.

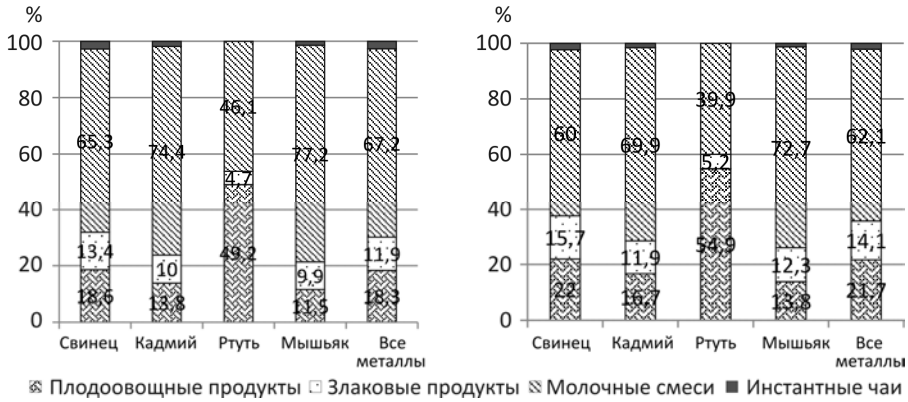


Рис. 5. Распределение поступления тяжелых металлов с основными потребляемыми продуктами питания детьми в возрасте 4–6 месяцев, находящихся на искусственном и грудном/смешанном вскармливании, по удельному весу, %

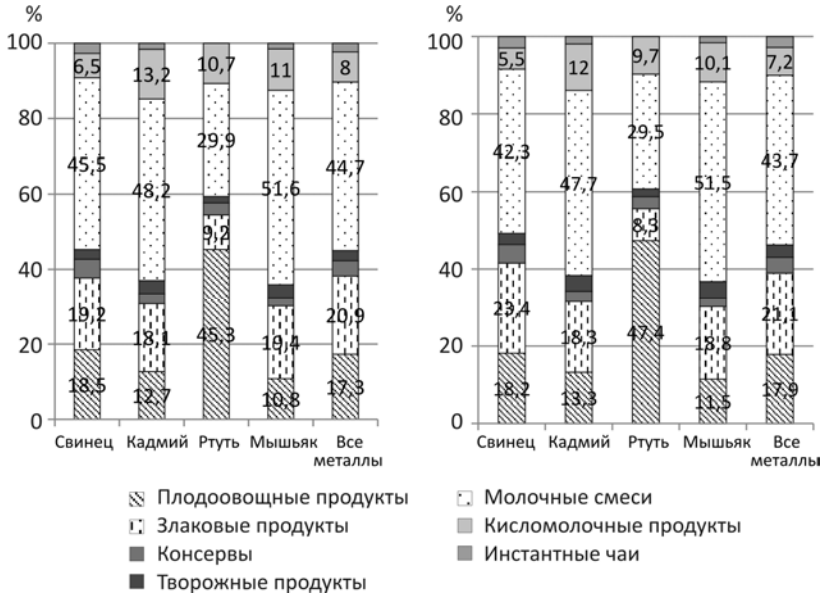


Рис. 6. Распределение поступления тяжелых металлов с основными потребляемыми продуктами питания детьми в возрасте 7–9 месяцев, находящихся на искусственном и грудном/смешанном вскармливании, по удельному весу, %

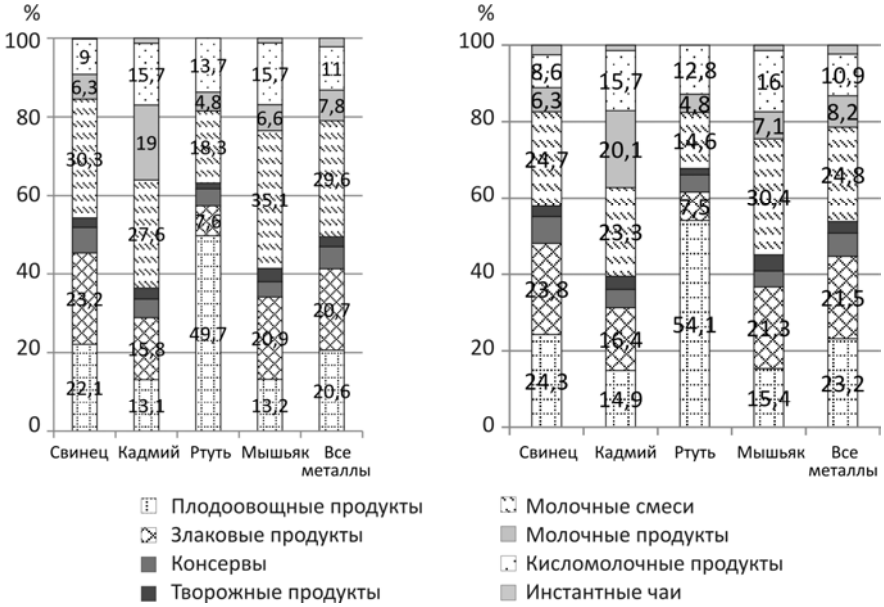


Рис. 7. Распределение поступления тяжелых металлов с основными потребляемыми продуктами питания детьми в возрасте 10–12 месяцев, находящихся на искусственном и грудном/смешанном вскармливании, %

Наибольший вклад в поступление тяжелых металлов в организм ребенка 10–12 месяцев жизни вносят плодоовощные продукты (13,1–54,1 %), чаще всего в них содержатся ртуть и свинец. На втором месте – молочные смеси (14,6–35,1 %) и чаще всего – это мышьяк, свинец и кадмий. Меньше всего тяжелые металлы поступает со злаковыми продуктами (7,5–23,8 %) и в основном – это свинец и мышьяк. Мышьяк, свинец и кадмий в основном поступают с молочными смесями, ртуть – больше всего поступает с плодоовощной продукцией.

Были рассчитаны коэффициенты опасности (HQ_{med}) на основании медианы содержания свинца, кадмия, ртути и мышьяка в продуктах питания для детей первого года жизни, находящихся на разных типах вскармливания, и проведена оценка неканцерогенного риска, руководствуясь МУ 2.3.7.2519–09 (рис. 8).

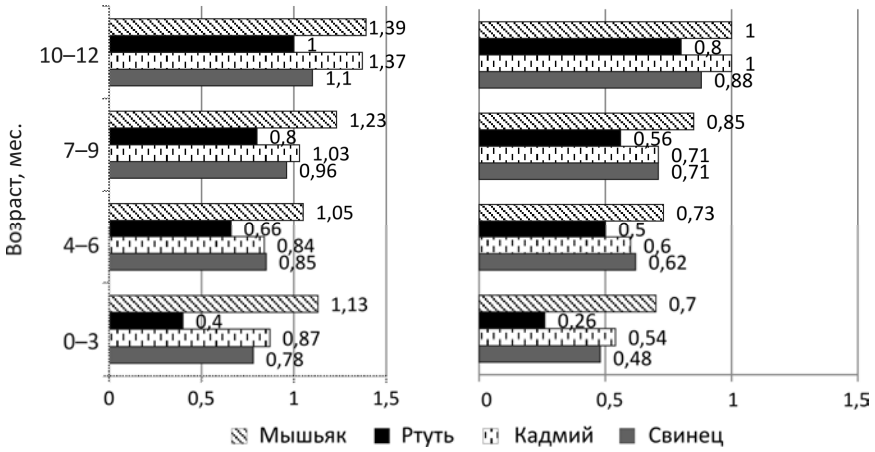


Рис. 8. Оценка риска неканцерогенных эффектов от тяжелых металлов в пищевых продуктов, потребляемых детьми, находящихся на искусственном и грудном/смешанном вскармливании

Для детей первого года жизни, находящихся на грудном или смешанном вскармливании, HQ_{med} содержания контаминантов в продуктах питания остаются в пределах единицы. Для детей первого года жизни, находящихся на искусственном вскармливании, с увеличением месяца жизни HQ_{med} возрастают, и показатели становятся больше единицы, что требует проведения углубленной оценки экспозиции с учетом структуры питания детского населения.

Выводы. Наибольшие концентрации тяжелых металлов обнаружены в продуктах для прикорма на плодоовощной основе (0,0213 ± 0,0021 мг/кг), кашах быстрорастворимых (0,0195 ± 0,0014 мг/кг) и консервах мясных/мясорастительных (0,0194 ± 0,0021 мг/кг). Свинцом больше всего контаминированы консервы мясные/мясорастительные, злаковые и плодоовощные продукты; мышьяком – злаковые, творожные и плодоовощные продукты; кадмием – злаковые и плодоовощные продукты, творожные изделия; ртутью – плодоовощные продукты, консервы мясные/мясорастительные и жидкие кисломолочные продукты. Чаще и больше всего контаминированы продукты, используемые в качестве первого или второго прикорма. Адаптированные и частично адаптированные молочные смеси имеют более

низкие концентрации тяжелых металлов (0,0094 ± 0,001 мг/кг), однако используются чаще и в большем объеме для искусственного и смешанного вскармливания.

Для детей от 0 до 9 месяцев жизни химическая нагрузка больше всего формируется за счет мышьяка и кадмия в молочных смесях, а также за счет наличия ртути и свинца в плодоовощных продуктах и свинца – в злаковых продуктах. Для детей от 10 до 12 месяцев жизни химическая нагрузка больше всего формируется за счет ртути и свинца в плодоовощных продуктах, а также за счет наличия мышьяка, свинца и кадмия в молочных смесях, свинца и мышьяка – в злаковых продуктах. Мышьяк, кадмий и свинец в основном поступают с молочными смесями. Ртуть больше всего поступает с плодоовощной продукцией.

Анализ неканцерогенного риска показал, что для детей первого года жизни, находящихся на искусственном вскармливании (по сравнению с детьми на грудном или смешанном питании), с увеличением месяца жизни HQ_{med} возрастают, и показатели становятся больше единицы (HQ_{med}Pb = 1,1; HQ_{med}Cd = 1,37; HQ_{med}As = 1,39). Полученные данные позволяют отнести употребление химически контаминированных продуктов для детей первого года жизни к фактору риска развития алиментарно-зависимых заболеваний у детей и подростков. Необходимы дальнейший гигиенический мониторинг продуктов питания для детей первого года жизни и поддержка грудного вскармливания.

Список литературы

1. Актуализированные экологические факторы риска здоровью населения и пути совершенствования его оценки / Ю.А. Рахманин, О.О. Синицына, С.Л. Авалиани [и др.] // Актуальные проблемы безопасности и анализа риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания: материалы VI Всероссийской НПР с международным участием. – М., 2015. – С. 12–21.

2. Возможности прогнозирования пищевой аллергии у детей с использованием комплекса математико-статистических методов / Л.И. Ильенко, С.В. Богданова, С.Н. Денисова [и др.] // Педиатрия. – 2018. – Т. 97 (5). – С. 54–60.

3. Истомин А.В., Литвинова О.С. Современные вопросы гигиенической безопасности и качества питания населения // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2015. – № 3 (264). – С. 18–22.

4. Загрязнение химическими веществами продуктов детского питания в Российской Федерации / Ю.П. Пивоваров, О.Ю. Милушкина, Ю.Л. Тихонова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95 (8). – С. 707–711.

5. Кадникова Е.П. Химическое загрязнение среды обитания и состояние здоровья детей дошкольного возраста, по данным социально-гигиенического мониторинга // Здоровье населения и среда обитания. – 2019. – № 2 (311). – С. 9–14.

6. Конь И.Я., Гмошинская М.В., Абрамова Т.В. Питание беременных женщин, кормящих матерей и детей раннего возраста. – М.: Издательство «Медицинское информационное агентство», 2015. – 216 с.

7. Литвинова О.С., Калиновская М.В., Филатова С.А. Гигиенические аспекты заболеваемости ожирением населения Российской Федерации (по данным ФИФ СГМ) // Здоровье населения и среда обитания. – 2019. – № 9 (319). – С. 51–55.

8. Онищенко Г.Г. Химическая безопасность – важнейшая составляющая санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Токсикологический вестник. – 2014. – № 1 (124). – С. 2–6.

9. Особенности физического развития и характер питания детей с избытком массы тела и ожирением в различные возрастные периоды / М.М. Гурова, А.А. Гусева, С.П. Гусева [и др.] // Практическая медицина. – 2016. – № 8 (100). – С. 95–99.

10. Перевощикова Н.К., Гладков С.Ф. Возможности первичной профилактики аллергических заболеваний у детей раннего возраста // Мать и дитя в Кузбассе. – 2013. – № 3. – С. 4–10.

11. Проблемы охраны здоровья детского населения России / А.И. Потапов, В.Н. Ракитский, Н.И. Новичкова [и др.] // Здравоохранение Российской Федерации. – 2008. – № 3. – С. 3–5.

12. Ракитский В.Н. Проблемы современной гигиены // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 4. – С. 4–7.

13. Сравнительный анализ химического загрязнения продуктов питания и показателей здоровья детского населения в Российской Федерации / Ю.Л. Тихонова, О.Ю. Милушкина, М.В. Калиновская [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. – 2020. – № 1 (322). – С. 13–18.

14. Тутельян В.А. Безопасность пищевых продуктов – ведущее направление в токсикологии // В сборнике трудов: IV съезд токсикологов России; 6–8 ноября 2013 г. – М., 2013. – С. 39–41.

15. Тутельян В.А., Конь И.Я. Детское питание: руководство для врачей. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО «Медицинское информационное агенство», 2017. – 784 с.

16. Bardanzellu F., Peroni D.G., Fanos V. Human breast milk: bioactive components from cells to health outcomes // Curr. Nutr. Rep. – 2020. – Vol. 9, № 1. – P. 1–13.

17. Braun J.M., Gray K. Challenges to studying the health effects of early life environmental chemical exposures on children's health // PLoS Biol. – 2017. – Vol. 15 (12). – P. e2002800. DOI: 10.1371/journal.pbio.2002800

18. Ferguson A., Penney R., Solo-Gabriele H. A Review of the Field on Children's Exposure to Environmental Contaminants: A Risk Assessment Approach // Int J Environ Res Public Health. – 2017. – Vol. 14 (3). – P. E265. DOI: 10.3390/ijerph14030265

19. Gardener H., Bowen J., Callan S.P. Lead and cadmium contamination in a large sample of United States infant formulas and baby foods // Sci Total Environ. – 2019. – Vol. 51 (Pt 1). – P. 822–827.

20. Low-Level Toxic Metal Exposure in Healthy Weaning-Age Infants: Association with Gowth, Dietary Intake, and Iron Deficiency / J. Choi, J.Y. Chang, J. Hong [et al.] // Int J Environ Res Public Health. – 2017. – Vol. 14 (4). – P. E388. DOI: 10.3390/ijerph14040388

21. Nutrigenomics and its impact on life style associated metabolic diseases / S. Rana, S. Kumar, N. Rathore [et al.] // Curr. Genomics. – 2016. – Vol. 17, № 3. – P. 261–278.

22. Sosa-Castillo E., Rodríguez-Cruz M., Moltó-Puigmartí C. Genomics of lactation: role of nutrigenomics and nutrigenetics in fatty acid composition of human milk // Br. J. Nutr. – 2017. – Vol. 118, № 3. – P. 161–168.

Эпидемиологические особенности малярии в мире и в Российской Федерации в период пандемии COVID-19

И.В. Трушникова, М.И. Беляева

ФБУН «Тюменский научно-исследовательский институт краевой инфекционной патологии» Роспотребнадзора,
г. Тюмень, Россия

Представлены результаты анализа маляриологической ситуации по малярии в мире и Российской Федерации за 2019–2021 гг. в период пандемии COVID-19.

Ключевые слова: малярия, завозные случаи малярии, COVID-19, летальность.

Малярия – опасное для жизни паразитарное заболевание. Относится к антропонозным инфекциям с трансмиссивным путем передачи. Заражение происходит при попадании возбудителя рода *Plasmodium* в организм человека после укуса инфицированных самок комаров рода *Anopheles.* Малярия, являясь одной из основных проблем здравоохранения многих государств, поражает самые работоспособные слои населения и негативно влияет на экономическое, социальное и культурное развитие стран [1].

Ежегодно в мире регистрируется более 200 млн случаев заболеваний малярией и более 400 тыс. смертей. На детей в возрасте до 5 лет приходится 61 % всех случаев смерти от малярии. Ареалы возбудителей малярии отличаются огромной территорией и включают страны Африки, Юго-Восточной Азии, Восточного Средиземноморья, западной части Тихого океана и Америки, однако на Африканский регион приходится более 90 % общего бремени болезни. Риск заражения малярией и развития тяжелой болезни значительно выше среди младенцев, детей в возрасте до пяти лет, беременных женщин, людей с ВИЧ/СПИД, а также не имеющих иммунитета мигрантов, мобильных групп населения и лиц, совершающих поездки [2].

Мир, свободный от малярии, является главной целью глобального здравоохранения. В 2015 г. была одобрена «Глобальная техническая стратегия борьбы с малярией на 2016–2030 годы» (GTS), задача которой избавление мира на 90 % от бремени смертности и болезни от малярии к 2030 г. и ликвидация этой инфекции как минимум в 35 странах [7]. Еще до появления COVID-19 прогресс ликвидации малярии застопорился, число случаев заболевания и смертей достигло плато.

В настоящее время (приводятся данные 2020 г.) риск передачи малярии существует в 85 странах, которые ежегодно посещают более 125 млн путешественников из других стран. После посещения эндемичных территорий малярией заболевают более 10 тыс. человек. Риск заражения малярией особенно высок у неиммунных путешественников, приезжающих в страны, где отмечается местная передача малярии. У лиц, заболевших во время поездки, могут возникнуть трудности в получении надлежащей медицинской помощи. Те, у кого малярия развивается после возвращения в страну, в которой эта болезнь не регистрируется, сталкиваются с проблемой отсутствия настороженности врачей по отношению к малярии, в резуль-

тате чего диагноз выставляется поздно. Другой проблемой может быть отсутствие эффективных противомалярийных средств для лечения, что приводит к развитию тяжелых форм болезни с осложнениями и высокой летальностью. Лихорадка, возникающая у путешественника в течение трех месяцев после возвращения из страны, в которой имеется риск заражения малярией, представляет собой потенциально неотложное состояние, требующее срочного обследования для исключения малярии [4].

Несмотря на снижение ответных мер против малярии все больше стран с низким бременем малярии приближается к цели нулевого уровня передачи малярии и достигает ее. В период с 2000 по 2020 г. 24 страны не зарегистрировали в течение трех лет и более ни одного местного случая малярии: Алжир, Аргентина, Армения, Азербайджан, Кабо-Верде, Китай, Египет, Сальвадор, Грузия, Исламская Республика Иран, Ирак, Казахстан, Кыргызстан, Малайзия, Марокко, Оман, Парагвай, Шри-Ланка, Сирийская Арабская Республика, Таджикистан, Турция, Туркменистан, Узбекистан и Объединенные Арабские Эмираты. В настоящее время ВОЗ прилагает усилия по искоренению малярии к 2025 г. еще в 25 странах [6].

В мире насчитывается 40 стран и территорий, признанных Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) свободными от малярии. ВОЗ присваивает этот статус при условии представления страной подробных и достоверных доказательств того, что на протяжении трех последних лет подряд на территории всей страны была прервана цепочка местной передачи малярии комарами *Anopheles*. При этом страна должна также продемонстрировать способность предупреждать возобновление передачи болезни. В 2021 г. ВОЗ подтвердила элиминацию малярии в Китае.

В Европейском регионе малярия была элиминирована в 2016 г. Однако, в связи с притоком мигрантов из эндемичных стран Африки, Ближнего Востока, Центральной и Юго-Восточной Азии, маляриологическая ситуация ухудшилась из-за утраты настороженности и прекращения эпидемиологического надзора за малярией на оздоровленных ранее территориях. Это привело к возникновению местной передачи малярии от завозных случаев. Постэлиминационные локальные вспышки трехдневной малярии (возбудитель *Plasmodium vivax*) в 2010–2019 гг. произошли в Болгарии, Греции, Грузии, Азербайджане, Таджикистане, Турции [5].

Возникновение в конце 2019 г. и распространение пандемии COVID-19 привело в дисбаланс мировое здравоохранение, не оставив в стороне и заболеваемость малярией [3]. В 2020 г., был зарегистрирован 241 млн случаев малярии против 227 млн в 2019 г. Летальность больных малярией в 2020 г. увеличилась на 11 % (по сравнению с 2019 г.) и составила 627 тыс. человек. Около двух третей из дополнительных случаев смерти от малярии произошли из-за сбоев в обеспечении профилактики, диагностики и лечения малярии во время пандемии [8].

Ежегодно в Российской Федерации регистрируются около ста завозных случаев малярии. В 2019–2021 гг. зафиксировано 260 случаев малярии со среднемноголетним показателем заболеваемости 0,06 на 100 тыс. населения Исключение составил 2020 г., когда было зарегистрировано всего 57 случаев малярии (0,04 на 100 тыс. населения), что связано с жесткими запретными и ограничительными мерами во время пандемии как в Российской Федерации, так и в мире. Наибольшее число завозных случаев малярии регистрировалось в Москве и Санкт-Петербурге, а также в городах, имеющих прямые международные сообщения (Краснодар, Красноярск, Ростов-на-Дону, Белгород, Новосибирск, Тюмень).

По поручению Федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека с сентября 2019 г. Тюменский НИИ краевой инфекционной патологии проводит исследования препаратов крови для подтверждения лабораторного диагноза и анализ карт эпидемиологического обследования случаев малярии. Как показал анализ карт эпидемиологического обследования случаев малярии, завоз осуществлялся как российскими, так и иностранными гражданами. Ежегодно завоз случаев малярии гражданами РФ превалирует над количеством случаев среди иностранных граждан (табл. 1).

Таблица 1

Число зарегистрированных завозных случаев малярии в Российской Федерации за 2019–2021 гг.

Год	Всего	Граждане РФ		Иностранные граждане	
		абс.	%	абс.	%
2019	108	65	60,2	43	39,8
2020	58	44	75,9	14	24,1
2021	94	74	78,7	20	21,3

Заражение малярией граждан Российской Федерации за 2019–2021 гг. произошло во время посещения эндемичных стран по служебным делам 61,3 % (включая командируемых работников разных специальностей – 34,6 %; работников морского или воздушного экипажей – 22,1 %; военнослужащих – 4,6 %), с туристическими целями, в том числе с семейными и домашними визитами – 38,7 %. Основной завоз малярии (более 80 %) на территорию Российской Федерации происходил из стран Африканского континента: Анголы, Ганы, Гвинеи, ДР Конго, Камеруна, Кении, Кот-д'Ивуара, Нигера, Нигерии, Танзании, Уганды, ЦАР, Чада, Южного Судана.

Завоз малярии осуществлялся в основном взрослым населением, на долю которого приходилось более 95 % от общего количества выявленных больных. Основную роль в заболеваемости и распространении малярии играли взрослые мужчины – наиболее мобильные контингенты. За 2019–2021 гг. зарегистрированы 8 завозных случаев малярии у детей в возрасте от 5 до 15 лет.

В России ежегодно регистрируются четыре вида возбудителей малярии: *Plasmodium falciparum, Plasmodium vivax, Plasmodium ovale, Plasmodium malariae* и микст-формы (табл. 2). Количество завозных случаев микст-форм в Россию невелико – по одному случаю в год. Как правило, первым преобладающим возбудителем является *P.falciparum,* вторым возбудителем, с менее выраженной паразитемией, – *P.ovale* или *P.malariae.*

В последние годы число завозных случаев тропической малярии превалирует. Так, если в Российской Федерации в 2019 г. зарегистрирован 81 случай тропической малярии, составивший 75,0 % от общего числа зарегистрированных случаев, то в 2021 г. – 76,6 % при 72 случаях. Число завозных случаев трехдневной малярией, вызванной *P.vivax*, эндемичной для нашей страны, уменьшилось с 20 случаев (18,5 %) в 2019 г. до 13 (13,8 %) – в 2021 г.

В 2020 г. после двухлетнего перерыва в стране вновь был зарегистрирован один случай прививной малярии. Заражение тропической малярией пациента произошло во время его лечения в отделении реанимации и интенсивной терапии, где получал лечение пациент с диагнозом «тропическая малярия, тяжелое течение».

Таблица 2

Распределение случаев заболевания малярией в Российской Федерации по видам возбудителя за 2019–2021 гг.

Вид возбудителя		Год					
		2019		2020		2021	
		абс.	%	абс.	%	абс.	%
P. vivax		20	18,5	10	17,2	13	13,8
P. falciparum		81	75,0	42	72,4	72	76,6
P. ovale		4	3,7	2	3,5	4	4,25
P. malariae		2	1,9	2	3,5	4	4,25
Микст-формы	*P. falciparum /P. malariae*	1	0,9	0	–	1	1,1
	P. falciparum /P. ovale	0	–	1	1,7	0	–
Прививной (*P. falciparum)*		0	–	1	1,7	0	–
Всего случаев		108		58		94	

Анализ случаев малярии показал, что за 2019–2021 гг. 50 % больных обратились за медицинской помощью в первые трое суток после появления симптомов заболевания. Основным клиническим симптомом у всех больных малярией являлась лихорадка с ознобом. Из прочих симптомов больные предъявляли жалобы на слабость, ломоту, боли в мышцах и костях, на повышенное потоотделение, катаральные явления, тошноту, рвоту, диарею, боли в пояснице, потемнение мочи, сухость во рту, потерю аппетита, боли в животе, желтушность склер и кожных покровов, гипотонию, судороги, головокружение. Первоначальный диагноз малярия установлен у 67 % заболевших. В остальных случаях первоначальные диагнозы: лихорадка неясного генеза, ОРВИ, COVID-19, пневмонии и вирусные инфекции неуточненной этиологии, кишечные инфекции, неуточненные вирусные гепатиты.

Смертельные исходы от тропической малярии у российских граждан регистрируются ежегодно. В 2019 и в 2021 гг. зафиксировано по 5 смертельных случаев. В 2020 г. зарегистрировано максимальное количество летальных исходов – у 9 человек. Этому способствовало позднее обращение за медицинской помощью (3–12 суток), неверная постановка первоначального диагноза, отказ от госпитализации и как следствие несвоевременное начало адекватного лечения заболевания тяжелой формы тропической малярии. Увеличению числа смертельных исходов при снижении количества завозных случаев способствовала пандемия новой коронавирусной инфекции. В 2021 г. основной причиной летальных исходов, стала поздняя диагностика из-за схожести симптомов с COVID-19, особенно в начальные периоды болезни. Летальные исходы от тропической малярии регистрировались у туристов (8 человек), членов экипажей судов и самолетов (7 человек), специалистов и квалифицированных рабочих (3 человек) и у иностранных студентов (один случай).

Малярия остается серьезной проблемой, как для эндемичных стран, так и для стран, элиминировавших малярию, особенно в период пандемии COVID-19.

Несмотря на регистрацию небольшого количества завозных случаев малярии на территории Российской Федерации в последние годы, малярия представляет реальную опасность как возвращающаяся инфекция из-за роста туризма, увеличения деловых и служебных поездок, в том числе работы по контракту, социально-экономических потрясений и миграционной активности населения.

Список литературы

1. Иванова М.А., Карпов И.А. Малярия: учебно-методическое пособие. – Минск: БГМУ, 2013. – 40 с.

2. Малярия. Основные факты [Электронный ресурс] // World Health Organization. – URL: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/malaria (дата обращения: 07.02.2022).

3. Coronavirus disease (COVID-19): Malaria and COVID-19 [Электронный ресурс] // World Health Organization. – URL: https://www.who.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-malaria-and-covid-19 (дата обращения: 10.02.2022).

4. International travel and health - chapter 7 (Malaria) [Электронный ресурс] // World Health Organization. – URL: https://www.who.int/travel-advice/disease-information (дата обращения: 25.02.2022).

5. Malaria in the WHO European Region. On the road to elimination 2000–2015. Summary [Электронный ресурс] // World Health Organization. – URL: https://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/malaria-in-the-who-european-region.-on-the-road-to-elimination-20002015.-summary-2018 (дата обращения: 11.03.2022).

6. World Malaria Day: WHO launches effort to stamp out malaria in 25 more countries by 2025 [Электронный ресурс] // World Health Organization. – URL: https://www.who.int/news/item/21-04-2021-world-malaria-day-who-launches-effort-to-stamp-out-malaria-in-25-more-countries-by-2025 (дата обращения: 11.03.2022).

7. World malaria report 2019 [Электронный ресурс] // World Health Organization. – 2019. – URL: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/330011/9789241565721-eng.pdf (дата обращения: 01.03.2022).

8. World malaria report 2020: 20 years of global progress and challenges [Электронный ресурс] // World Health Organization. – URL: https://apps.who.int/iris/handle/10665/337660 (дата обращения: 03.03.2022).

Информационная среда как фактор риска развития алиментарно-зависимых неинфекционных заболеваний

Е.В. Федоренко

РУП «Научно-практический центр гигиены»,
г. Минск, Республика Беларусь

Развитию неинфекционных заболеваний способствует широкая распространенность поведенческих факторов риска, в том числе нездорового питания и низкой физической активности, которые ассоциированы с ведущими метаболическими детерминантами обсуждаемой группы болезней. Согласно исследованиям STEPS 2020, среди населения республики наблюдается низкое потребление овощей и фруктов – 78,2 % респондентов потребляют менее 5 порций в день, при этом 44,3 % всегда или часто употребляют обработанные продукты с высоким содержанием соли. Доля взрослого населения с избыточным весом и ожирением (суммарно) достигает 53 %.

Информационная среда, включающая маркировку и различные стратегии продвижения пищевых продуктов, являясь социально детерминированной, в значительной степени влияет на пищевые предпочтения потребителей, в том числе в детском возрасте. Поэтому изучение отдельных качественных и количественных характеристик указанного социального фактора является актуальным.

Оценка законодательных требований к маркировке пищевой продукции и ее рекламе показала, что специфические элементы, способствующие снижению риска развития алиментарно-зависимых заболеваний, требуют более четкого регламентирования.

Ключевые слова: пищевая продукция, социальные факторы, продвижение продукции, маркировка, риск здоровью, неинфекционные заболевания.

Связь питания и здоровья несомненна. В Европе, согласно данным 2017 г., каждая пятая смерть была ассоциирована с фактором питания, что соответствует 11 миллионам летальных исходов. При этом половина этих случаев была связана с высоким потреблением соли и низким уровнем фруктов, овощей и цельнозерновых злаков в рационе [7]. В Республике Беларусь неинфекционные заболевания (НИЗ) являются причиной почти 90 % всех смертей, что превышает глобальный показатель смертности, составляющий 71 % [1].

Развитие НИЗ обусловлено рядом поведенческих факторов. По данным проведенного в 2016 и 2020 гг. STEPS-обследования, в Беларуси такие риски среди взрослых имеют широкое распространение [2, 3]:

1) 72,9–78,2 % респондентов употребляют менее пяти порций фруктов и / или овощей в день;

2) потребление соли (по результатам измерения натрийурии, 2016 г.) составляет в среднем 10,6 грамма поваренной соли в день, для мужчин – 12,4 г/сут, женщин – 9 г/сут;

3) 35,6–44,3 % всегда или часто употребляют обработанные продукты с высоким содержанием соли;

4) более 80 % обследованных лиц в 2016 г. имели избыточный вес или ожирение, при этом в 2020 г этот показатель снизился и составил 53 %.

Особую настороженность вызывают избыточный вес и ожирение в детском возрасте, чему способствуют «цифровой» образ жизни, низкая физическая активность и неправильные пищевые привычки. В глобальном масштабе в 2015–2017 гг. 40 % мальчиков в возрасте 6–9 лет имели избыточный вес, почти 20 % – ожирение [7]. В европейском регионе рост детского ожирения за последние годы регистрируется повсеместно. В белорусской детской популяции избыточная масса тела колеблется от 6 до 19 %, ожирение – от 5 до 10 % в зависимости от возраста и места проживания ребенка [4].

Указанное результируется в широкой распространенности метаболических факторов риска развития НИЗ – повышенного кровяного давления, уровня отдельных фракций липидов крови и глюкозы. Неправильное, нерациональное питание несомненно влияет на указанные патологические состояния и нарушения обмена веществ.

В последние годы опубликовано большое количество работ, определяющих вклад фактора питания в смертность от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). Показано, что в среднем в 51 стране европейского региона ВОЗ за период с 1990 по 2016 г. почти 1/5 всех смертей и 49,2 % случаев летальных исходов от ССЗ ассоциированы с факторами питания. В Беларуси для более 40 тыс. случаев смерти от ССЗ причиной являлась ишемическая болезнь сердца. При этом вклад избыточного

потребления соли находится на пятом ранговом месте по вкладу в смертность от ССЗ, после низкого уровня потребления цельнозерновых продуктов, орехов и семян, фруктов и морепродуктов [6].

В настоящее время достигнут научный консенсус относительно нутриентов и пищевых ингредиентов, избыточное или недостаточное потребление которых формирует нутритивные риски. К таким целевым алиментарным факторам риска, для которых имеются релевантные данные (доказательства) в отношении их роли в развитии или профилактике ССЗ, относятся [1]:

1) при избыточном и / или несбалансированном поступлении с рационом – соль, добавленные сахара, жиры, в том числе насыщенные и промышленные трансизомеры жирных кислот;

2) при недостаточном поступлении с рационом – овощи, фрукты, орехи, пищевые волокна.

Управление указанными нутригенными рисками реализуется как минимум следующими способами:

1) изменение уровня нутриента / ингредиента в рационе за счет модификации уровня потребления отдельных пищевых продуктов;

2) пересмотр состава (рецептуры) многокомпонентных пищевых продуктов, особенно промышленного производства.

Изменение структуры потребления пищевых продуктов, т.е. пищевых привычек и потребительских предпочтений на индивидуальном уровне является в значительной степени управляемым социогенным фактором.

Рядом авторов предложены поведенческие модели в области здоровья и питания в частности. Отмечено, что пищевые предпочтения детерминируются сочетанием внутренних и внешних факторов, ассоциированных как с самим потребителем, так и с внешней, в том числе информационной, средой (рисунок).

Рис. Факторы, влияющие на индивидуальный выбор пищевых продуктов (адаптировано по [5])

Информационная среда, включающая среди прочего маркировку пищевых продуктов, их рекламу и формирование общественного мнения как элементы продвижения продукции, является важным социальным фактором, влияющим на уровень рисков здоровью, ассоциированных с развитием отдельных НИЗ.

Особо чувствительными являются дети, поскольку в силу своего возраста не способны критически мыслить, зачастую зависят от приобретения пищевых продуктов взрослыми. Указанное формирует ситуацию «двойного бремени»: отсутствие независимого и осознанного выбора пищевых продуктов – дети верят и следуют рекламе – и приверженность в последующие периоды жизни модели потребления, принятой в семье, которая также формируется под воздействием указанных выше факторов.

В последние годы получены убедительные доказательства того, что маркетинг продуктов питания и напитков с высоким содержанием жира, сахара и соли способствует формированию неправильного пищевого поведения у детей и заболеваний, связанных с питанием, в более позднем возрасте. Результаты метаанализа свидетельствуют, что у детей, подверженных воздействию рекламы нездоровых пищевых продуктов (с высокой энергетической и низкой пищевой ценностью), значительно увеличилось потребление пищи во время или вскоре после воздействия рекламы (средняя разница составила 30,4–60,0 ккал), имелся более высокий риск выбора рекламируемых продуктов или напитков [7].

Продвижение пищевой продукции, направленной на детей, является предметом пристального внимания международных организаций в области здравоохранения [9], и во многих странах принято государственное регулирование в данной области.

Нами был проведен анализ отдельных законодательных требований к элементам маркировки пищевой продукции, влияющим на выбор более предпочтительных из них с точки зрения положительного влияния на здоровье, а также регулирования рекламы, особенно в части, направленной на детей.

Технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» ТР ТС 022/2011 устанавливает требования к маркировке пищевой продукции в целях предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей, и обеспечения реализации прав потребителей на достоверную информацию. Требованием данного документа, имеющим отношение к маркируемой информации о возможном влиянии пищевой продукции на здоровье, является, в первую очередь, указание на маркировке компонентного состава пищевой продукции, ее пищевой ценности, добровольно наносимой информации об отличительных признаках, которая должна быть подтверждена доказательствами.

В настоящее время регулирование не устанавливает требования по указанию количества соли и сахара в пищевой продукции, что не позволяет в полной мере информировать потребителя о наличии в пищевой продукции указанных алиментарных факторов риска и обусловливает необходимость разработки предложений по указанию на маркировке указанных ингредиентов, что реализовано нами при подготовке очередных изменений в обсуждаемый техрегламент.

Технический регламент «О безопасности пищевой продукции в части ее маркировки» ТР ТС 022/2011 не содержит особых требований к маркировке пищевых продуктов, предназначенных для детей и, например, ограничений по использованию визуальных образов, ассоциируемых с детской продукцией. При

этом отдельными «вертикальными» техрегламентами ТС/ЕАЭС таковые установлены. Например, в техническом регламенте Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» ТР ТС 034/2013 определено, что не допускается маркировка мясной продукции общего назначения с использованием придуманных названий, которые ассоциативно воспринимаются как мясная продукция для детского питания (например, сосиски «Детские», колбаса «Карапузик», «Крепыш», «Топтыжка»). При этом установленное в указанном документе нормируемое содержание отдельных нутриентов и ингредиентов в пищевой продукции для детей не соотносится с ограничениями в отношении маркетинга для указанной группы согласно [9]. Так, допустимый уровень (на 100 г продукции) жира в колбасных изделиях для питания детей дошкольного и школьного возраста составляет 22 г, соли – 1,8 г при пороговых значениях 20 г и 1,7 г соответственно. Указанное создает коллизию, при которой продукция для детского питания, соответствующая требованиям законодательства ЕАЭС, не позволяет ее позиционировать как таковую согласно критериям ВОЗ [9]. В качестве аналогичного примера можно привести мучные кондитерские изделия, для которых установлены допустимые уровни по энергетической ценности, содержанию жира и добавленного сахара, а, согласно данным [9], маркетинг таких продуктов, направленный на детей, в принципе запрещен. Указанное обусловливает необходимость углубленного анализа обсуждаемого противоречия и выработку согласованных предложений по его урегулированию.

Анализ национального законодательного регулирования рекламы, направленной на детей, показал отсутствие специфических требований, касающихся пищевой продукции. Так, Законом Республики Беларусь от 10.05.2007 № 225-З «О рекламе» (в редакции от 04.01.2021) установлено следующее:

1) объект рекламирования и содержание рекламы в детских передачах, детских художественных фильмах должны соответствовать особенностям детской и подростковой зрительской аудитории. В таких передачах запрещается реклама ряда продукции, в том числе лекарственных препаратов, методов оказания медицинской помощи, изделий медицинского назначения, медицинской техники, биологически активных добавок к пище (ст. 11);

2) запрещается размещение (распространение) рекламы пива и слабоалкогольных напитков: на радио и телевидении с 7.00 до 22.00, в изданиях, средствах массовой информации, предназначенных для граждан в возрасте до 18 лет либо специализирующихся на вопросах экологии, образования, охраны здоровья (ст. 18);

3) дополнительные ограничения, касающиеся социального поведения, установленные ст. 25 «Защита несовершеннолетних при производстве и (или) размещении (распространении) рекламы».

Специфические требования, касающиеся пищевой продукции, направленной на детей, в том числе с высоким содержанием соли, сахара, жира, в анализируемом документе отсутствуют.

Таким образом, анализ отдельных элементов законодательства в отношении рекламы пищевой продукции, направленной на детей, выявил пробелы (отсутствие законодательного регулирования в обсуждаемой сфере) и противоречия (несоответствие требований к пищевой ценности продукции для питания детей дошкольного и школьного возраста критериям ВОЗ касательно возможности их продвижения), что требует дальнейшего рассмотрения.

Список литературы

1. Профилактика неинфекционных заболеваний и борьба с ними в Беларуси: Аргументы в пользу инвестирования [Электронный ресурс] // ВОЗ, Европейское региональное бюро. – 2018. – URL: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/367563/bizz-case-bel-rus.pdf (дата обращения: 04.04.2022).

2. Распространенность факторов риска неинфекционных заболеваний в Республике Беларусь. STEPS 2016 [Электронный ресурс] // ВОЗ, Европейское региональное бюро. – 2017. – URL: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/348014/STEPS-Report-for-site-RU-webpage-29082017.pdf (дата обращения: 04.04.2022).

3. Распространенность факторов риска неинфекционных заболеваний по регионам Республики Беларусь. STEPS 2020 [Электронный ресурс] // ВОЗ, Европейское региональное бюро. – 2021. – URL: http://www.drogcge.by/uploads/b1/s/0/975/basic/120/831/Pril.3_Sravnenie_Regionov_RB.PDF?t=1632464360 (дата обращения: 04.04.2022).

4. Солнцева А.В., Загребаева О.Ю. Социальные детерминанты детского ожирения // Медицинские новости. – 2013. – № 12. – С. 14–17.

5. Cardiovascular mortality attributable to dietary risk factors in 51 countries in the WHO European Region from 1990 to 2016: a systematic analysis of the Global Burden of Disease Study / T. Meier, K. Gräfe, F. Senn [et al.] // Eur. J. Epidemiol. – 2019. – Vol. 34, № 1. – P. 37–55. DOI: 10.1007/s10654-018-0473-x

6. Influence of unhealthy food and beverage marketing on children's dietary intake and preference: a systematic review and meta-analysis of randomized trials / B. Sadeghirad, T. Duhaney, S. Motaghipisheh [et al.] // Obes. Rev. – 2016. – Vol. 17, № 10. – P. 945–959. DOI: 10.1111/obr.12445

7. Marcone M.F., Pavneesh M., Grodzinski B. An overview of the sociological and environmental factors influencing eating food behavior in Canada // Front. Nutr. – 2020. – Vol. 7. – P. 77. DOI: 10.3389/fnut.2020.00077

8. Nutrition, overweight and obesity [Электронный ресурс] // WHO Regional Office for Europe. – URL: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/341982/WHO-EURO-2021-2574-42330-58595-eng.pdf (дата обращения: 04.04.2022).

9. WHO Regional Office for Europe Nutrient Profile Model // WHO Regional Office for Europe. – 2015. – URL: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/270716/Nutrient-children_web-new.pdf (дата обращения: 19.11.2021).

Анализ и характеристика рисков здоровью населения, проживающего в районах расположения морских портов Ленинградской области, от загрязнения атмосферного воздуха

В.Н. Федоров[1], А.А. Ковшов[1,2], Ю.А. Новикова[1], Н.А. Тихонова[1], Е.В. Зарицкая[1,2]

[1] ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
[2]ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава РФ,
г. Санкт-Петербург, Россия

Города Высоцк, Приморск, Выборг и населенные пункты Усть-Лужского сельского поселения Ленинградской области расположены на берегу Финского залива и характеризуются интенсивным развитием транспортно-логистической инфраструктуры по перевалке сжиженного природного газа, нефтепродуктов и сыпучих грузов. Использовалась методология оценки риска здоровью населения, а также рекомендации Агентства по охране окружающей среды США. Величины хронического канцерогенного и неканцерогенного рисков здоровью, связанных с деятельностью промышленных предприятий на территории г. Приморске и Усть-Лужского сельского поселения, соответствуют приемлемым значениям. В г. Выборге, несмотря на отсутствие превышения гигиенических нормативов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, значения канцерогенного и неканцерогенного риска характеризуются как неприемлемо высокие. Основной вклад в формирование неприемлемого канцерогенного риска вносят никель и бензол; неканцерогенного – кадмий, марганец, медь, никель, свинец, диоксид серы и ксилол. В г. Высоцке уровни канцерогенного риска соответствуют приемлемому уровню, тогда как данные о величине хронического неканцерогенного риска противоречивые. В г. Выборге рекомендуется дополнить программу мониторинга атмосферного воздуха канцерогенными факторами и увеличить кратность исследований, провести углубленное изучение влияния атмосферного воздуха на здоровье населения, а также предложить органам местного самоуправления принять управленческие решения по снижению выбросов загрязняющих веществ приоритетными предприятиями.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязняющие вещества, оценка риска здоровью населения, социально-гигиенический мониторинг, морские порты, Ленинградская область.

Территории с высокой концентрацией промышленных и транспортных объектов во всем мире являются зонами повышенного экологического риска, именно здесь оказывается максимальное влияние на состояние окружающей среды в результате хозяйственной деятельности, строительства и рекреационных нагрузок. По данным ВОЗ, загрязнение воздуха является наиболее важным отдельно взятым фактором экологического риска для здоровья в Европейском регионе [3, 5, 7], поэтому особое внимание должно уделяться оценке и профилактике отдаленных последствий воздействия поллютантов на показатели здоровья населения [2, 3].

Города Высоцк, Приморск, Выборг и Усть-Лужское сельское поселение Ленинградской области являются прибрежными населенными пунктами, характеризующимися интенсивным развитием транспортно-логистической инфраструктуры по перевалке сжиженного природного газа, нефтепродуктов и сыпучих грузов. В совокупности с уже существующими предприятиями эти промышленные объекты создают повышенный риск для здоровья населения, формирующийся под воздействием загрязнения различных факторов среды обитания, в том числе атмосферного воздуха, что обусловливает необходимость углубленного изучения состояния факторов среды обитания и здоровья населения, проживающего на территории этих населенных пунктов. Риски здоровью населения от воздействия загрязненного атмосферного воздуха являются дополнительным критерием выбора приоритетных объектов при планировании в условиях внедрения риск-ориентированной модели надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения [1], что обусловливает актуальность научных исследований формирования среды обитания в этих городах и оценки ее влияния на здоровье населения.

Цель исследования – провести анализ величин канцерогенного и неканцерогенного риска здоровью населения, проживающего в районах расположения морских портов Ленинградской области (города Приморск, Высоцк, Выборг и Усть-Лужское сельское поселение), связанных с загрязнением атмосферного воздуха.

Материалы и методы. В качестве методической основы для оценки риска здоровью населения использовалась методология, изложенная в руководстве Р 2.1.10.1920-04 [4], а также рекомендации Агентства по охране окружающей среды США (US EPA) [6]. Процедура оценки риска осуществлялась в четыре этапа: идентификация опасности; оценка зависимости «доза – эффект»; оценка воздействия (экспозиции) химических веществ на человека; характеристика риска. Оценка и характеристика риска развития неканцерогенных эффектов при комбинированном воздействии выбрасываемых веществ с учетом ингаляционного пути поступления проводилась на основе расчета коэффициента опасности (*HQ*) для отдельных веществ с последующей суммацией *HQ* для веществ со схожими критическими органами и системами. Для расчета среднегодовых концентраций использовались файлы климатических характеристик, подготовленные ООО «Фирма “Интеграл”» и ГГО им А.И. Воейкова. Кроме того, изучались сведения о приоритетных источниках техногенного загрязнения атмосферного воздуха и иных объектов окружающей среды и результаты мониторинга состояния атмосферного воздуха за период с 2011 по 2021 г. (в г. Выборг – за 2008–2017 гг.), использовались данные, предоставленные Управлением Роспотребнадзора по Ленинградской области, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области», а также результаты собственных исследований.

Результаты. В г. Приморске по состоянию на 2021 г. расположено два предприятия – источники загрязнения атмосферного воздуха – одно 2-го класса опасности и для одного класс не определен. Установлено, что от двух приоритетных предприятий в атмосферу выделяются загрязняющие вещества 71 наименования. Суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух от данных предприятий составляет 6135,498243 т/г. Наибольшими объемами выбросов характеризуется ООО «Транснефть – Порт Приморск» с валовым выбросом 5939,639504 т/г., что составляет 96,81 % от всех выбросов.

В результате проведенного ранжирования загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятиями г. Приморска, по величине индекса сравнительной неканцерогенной опасности и величине годового выброса на существующее положение был сформирован перечень из 17 приоритетных веществ, из них 11 представляют важность как канцерогенно-опасные: кобальт, никель оксид, свинец и его соединения, хром (VI), сажа, бензол, этилбензол, бенз(а)пирен, трихлорметан, формальдегид, диоксины. Критические органы и системы, потенциально повреждаемые данными загрязнителями при хронической экспозиции, являются органы дыхания и кровь.

Расчеты канцерогенного риска от воздействия перечисленных веществ, выбрасываемых приоритетными предприятиями г. Приморска, показали, что на территории жилой застройки уровни суммарного индивидуального канцерогенного риска варьируются в пределах 9,51E-07–1,13E-05, что относится ко второму диапазону риска (более 1,0E-06, но менее 1,0E-04) и является приемлемой величиной. Данный уровень риска оценивается как приемлемый для проживания населения и не требующий принятия мер по его снижению, но подлежащий контролю. С учетом имеющихся сведений о численности населения г. Приморска, составляющего 5405 человек (по данным на 2021 г.), был рассчитан популяционный канцерогенный риск, который составил от 0,01 до 0,06 случая онкологических заболеваний в течение жизни, что применительно к данной ситуации следует рассматривать как крайне малую величину.

Анализ территориального распределения индексов опасности (*HI*) для различных органов и систем, полученных в ходе расчета на существующее положение с учетом выбросов приоритетных предприятий г. Приморска, свидетельствует об отсутствии превышения допустимой величины 1,0 для всех органов и систем на территории жилой застройки г. Приморска. Основной вклад в формирование уровней риска для органов дыхания вносят азота диоксид, серы диоксид и мазутная зола теплоэлектростанций.

Мониторинг качества атмосферного воздуха в г. Приморске не проводится, в связи с этим для получения недостающих данных были проведены собственные исследования качества атмосферного воздуха. Были отобраны пробы атмосферного воздуха по адресу: г. Приморск, Пушкинская аллея, 6А, на следующие показатели: азота диоксид, диоксид серы, углерода оксид, смесь предельных углеводородов C_1–C_5, смесь предельных углеводородов C_6–C_{10}, бензол, ксилол, толуол, бенз(а)пирен, смесь предельных углеводородов C_{12}–C_{19}, взвешенные вещества. Превышений гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха в г. Приморске не зарегистрировано. На основании полученных данных были рассчитаны значения хронического неканцерогенного и канцерогенного рисков для здоровья населения (табл. 1 и 2).

Расчетные значения хронического неканцерогенного и канцерогенного риска не превышают допустимых для проживания уровней (1,0 и 1,0E-04 соответственно). Значения канцерогенного риска относятся ко второму диапазону канцерогенного риска (1,0E-06–1,0E-04), который приемлем для проживания населения, не требует принятия мер по его снижению, но подлежит контролю.

В г. Высоцке по состоянию на 2021 г. расположены три предприятия 1-го и 2-го классов опасности. Установлено, что от 3 приоритетных предприятий в атмосферу выделяются загрязняющие вещества 63 наименований с валовым выбросом 8575,6099 т/год. Наибольшими объемами выбросов характеризуется терминал СПГ АО «РПК-Высоцк “Лукойл-II”», вклад которого в суммарный валовый выброс со-

ставляет более 95 %. В результате проведенного ранжирования загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятиями г. Высоцка, по величине индекса сравнительной неканцерогенной опасности и величине годового выброса на существующее положение был сформирован перечень приоритетных веществ, включающий 16 наименований. Из выбранных веществ 10 представляют важность как канцерогенно-опасные: никеля оксид, хром (VI), сажа, бензол, этилбензол, бенз(а)пирен, тетрахлорэтилен, тетрахлорметан, ацетальдегид, формальдегид. Критические органы и системы, потенциально повреждаемые данными загрязнителями при хронической экспозиции: органы дыхания и нервная система.

Таблица 1

Значения хронического неканцерогенного риска от химического загрязнения атмосферного воздуха в г. Приморске на основе результатов собственных исследований

Наименование	Референтные концентрации (*RfC*), мг/м^3	Средняя концентрация, мг/м^3	Хронический неканцерогенный риск (*HQ*)
Азота диоксид	0,04	0,024	0,60
Диоксид серы	0,02	0	0,00
Углерод оксид	3	0,03	0,01
Смесь предельных углеводородов C_1–C_5	50	1	0,02
Смесь предельных углеводородов C_6–C_{10}	5	0,1	0,02
Бензол	0,03	0,005	0,17
Ксилол	0,1	0,005	0,05
Толуол	5	0,035	0,01
Бенз(а)пирен	0,000001	0,0000005	0,50
Смесь предельных углеводородов C_{12}–C_{19}	1	0,8	0,80
Взвешенные вещества	0,075	0	0,00

Таблица 2

Значения канцерогенного риска от химического загрязнения атмосферного воздуха в г. Приморске на основе результатов собственных исследований

Наименование	Средняя концентрация, мг/м^3	*Sfi*, мг/кг	Риск	Риск суммарный
Бензол	0,005	0,027	3,86E-05	3,91E-05
Бенз(а)пирен	0,0000005	3,9	5,57E-07	

Расчеты канцерогенного риска от воздействия перечисленных веществ, выбрасываемых приоритетными предприятиями г. Высоцка, показали, что на территории жилой застройки уровни суммарного индивидуального канцерогенного риска варьируются в пределах 2,06E-06–2,76E-06, что относится ко второму диапазону риска (более 1,0E-06, но менее 1,0E-04) и является приемлемой величиной. С учетом имеющихся сведений о численности населения г. Высоцка, составляющего 1074 человека (по данным на 2021 г.), был рассчитан популяционный канцерогенный риск, который составил от 0,002 до 0,003 случая онкологических заболеваний в течение жизни, что применительно к данной ситуации следует рассматривать как крайне малую величину.

Анализ территориального распределения *HI* для различных органов и систем, полученных в ходе расчета на существующее положение с учетом выбросов при-

оритетных предприятий г. Высоцка, свидетельствует об отсутствии превышения допустимой величины 1,0 для всех органов и систем на территории жилой застройки г. Высоцка. Основной вклад в формирование уровней риска для органов дыхания вносят азота диоксид и серы диоксид.

Мониторинг качества атмосферного воздуха в г. Высоцке проводится в рамках социально-гигиенического мониторинга (СГМ) ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области», с 2017 г. на одном посту, расположенном по адресу ул. Краснофлотская, с кратностью один раз в неделю контролируется содержание диоксида азота, диоксида серы, взвешенных веществ, оксида углерода и угольной пыли. Результаты наблюдений отнесены к «эпизодическим» из-за недостаточного количества измерений. Анализ результатов исследований атмосферного воздуха в г. Высоцке за 2017–2020 гг. показал, что средние концентрации контролируемых веществ практически не изменились за изучаемый период, при этом превышений гигиенических нормативов не регистрировалось. В то же время можно констатировать наличие неприемлемого неканцерогенного риска от воздействия взвешенных веществ и диоксида серы (*HQ* составляет 3,15 и 2,51 соответственно), а величина индекса опасности в связи с воздействием на органы дыхания контролируемых в атмосферном воздухе веществ составляет 7,27.

С целью получения дополнительных сведений о качестве атмосферного воздуха были отобраны пробы по адресу ул. Портовая, 7, на следующие показатели: смесь предельных углеводородов C_1–C_5, смесь предельных углеводородов C_6–C_{10}, бензол, ксилол, толуол, бенз(а)пирен, смесь предельных углеводородов C_{12}–C_{19}, Взвешенные вещества. Превышений гигиенических нормативов данных веществ также не наблюдается. На основании полученных данных были рассчитаны значения хронического неканцерогенного и канцерогенного рисков для здоровья населения (табл. 3 и 4).

Расчетные значения хронического неканцерогенного и канцерогенного риска не превышают допустимых для проживания уровней. Значения канцерогенного риска относятся ко второму диапазону канцерогенного риска, который приемлем для проживания населения, не требует принятия мер по его снижению, но подлежит контролю.

Таблица 3

Значения хронического неканцерогенного риска от химического загрязнения атмосферного воздуха в г. Высоцке на основе результатов собственных исследований

Наименование	Референтные концентрации (*RfC*), мг/м^3	Средняя концентрация, мг/м^3	Хронический неканцерогенный риск (*HQ*)
Смесь предельных углеводородов C_1–C_5	0,04	1	0,02
Смесь предельных углеводородов C_6–C_{10}	0,02	0,2	0,04
Бензол	3	0,01	0,33
Ксилол	50	0,05	0,50
Толуол	5	0,02	0,00
Бенз(а)пирен	0,03	0,0000005	0,50
Смесь предельных углеводородов C_{12}–C_{19}	0,1	0,05	0,05
Взвешенные вещества	5	0	0,00

Таблица 4

Значения канцерогенного риска от химического загрязнения атмосферного воздуха в г. Высоцке на основе результатов собственных исследований

Наименование	Средняя концентрация, мг/м^3	*Sfi*, мг/кг	Риск	Риск суммарный
Бензол	0,01	0,027	7,71E-05	7,77E-05
Бенз(а)пирен	0,0000005	3,9	5,57E-07	

В Усть-Лужском сельском поселении по состоянию на 2021 г. расположены три предприятия 1-го и 3-го классов опасности. Установлено, что от трех приоритетных предприятий в атмосферу выделяются загрязняющие вещества 86 наименований с валовым выбросом 64947,53655 т/г. Наибольшими объемами выбросов характеризуется Морской порт Усть-Луга, вклад которого в суммарный валовый выброс превышает 99 %. По данным санитарно-эпидемиологического заключения на проект санитарно-защитной зоны для Морского порта Усть-Луга (от 26.02.2021 № 47.01.02.000.Т.000723.02.21) на территории данного предприятия расположено 18 резидентов. В рамках настоящей работы все 18 резидентов рассматривались как одно предприятие.

С учетом проведенного ранжирования загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятиями Усть-Лужского сельского поселения, по величине индекса сравнительной неканцерогенной опасности и величине годового выброса в дальнейшее исследование были включены 18 веществ, из них 10 представляют важность как канцерогенно-опасные: никеля оксид, хром (VI), сажа, бензол, этилбензол, бенз(а)пирен, трихлорметан, тетрахлорметан, ацетальдегид, формальдегид. Критические органы и системы, потенциально повреждаемые данными загрязнителями при хронической экспозиции: органы дыхания и кровь.

Расчеты канцерогенного риска от воздействия перечисленных веществ показали, что на территории жилой застройки уровни суммарного канцерогенного риска варьируются в пределах 3,17E-06–4,14E-05, что относится ко второму диапазону риска (более 1,0E-06, но менее 1,0E-04) и является приемлемой величиной. С учетом имеющихся сведений о численности населения Усть-Лужского сельского поселения, составляющего 3085 человек (по данным на 2021 г.), был рассчитан популяционный канцерогенный риск, который составил от 0,01 до 0,13 случая онкологических заболеваний в течение жизни, что применительно к данной ситуации следует рассматривать как крайне малую величину.

Анализ территориального распределения *HI* для различных органов и систем, полученных в ходе расчета на существующее положение с учетом выбросов приоритетных предприятий, свидетельствует об отсутствии превышения допустимой величины 1,0 для всех органов и систем на территории жилой застройки Усть-Лужского сельского поселения. Основной вклад в формируемые уровни риска вносят вещества азота диоксид, серы диоксид и мазутная зола теплоэлектростанций.

Мониторинг качества атмосферного воздуха на территории Усть-Лужского сельского поселения проводится ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области» в рамках СГМ на одном посту в п. Косколово с кратностью один раз в неделю контролируется содержание диоксида азота, диоксида серы, взвешенных веществ, оксида углерода, угольной пыли, бензола, диметилбензола (смеси о-, м-, п- изомеров), метилбензола, сажи, этилбензола, смеси углеводородов

предельных C_1–C_5 и смеси углеводородов предельных C_6–C_{10}. Результаты наблюдений отнесены к «эпизодическим» из-за недостаточного количества измерений. Анализ результатов исследований атмосферного воздуха показал, что за весь период наблюдений не зарегистрировано превышений гигиенических нормативов по всем исследуемым показателям.

Для получения дополнительных сведений о качестве атмосферного воздуха в Усть-Лужском сельском поселении были отобраны пробы по адресам: пос. Усть-Луга, квартал Ленрыба, 7, и д. Лужицы – на следующие показатели: азота диоксид, диоксид серы, углерод оксид, смесь предельных углеводородов C_1–C_5, смесь предельных углеводородов C_6–C_{10}, бензол, ксилол, толуол, бенз(а)пирен, смесь предельных углеводородов C_{12}–C_{19}, взвешенные вещества. Превышений гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха не зарегистрировано. На основании полученных данных были рассчитаны значения хронического неканцерогенного и канцерогенного риска для здоровья населения (табл. 5 и 6).

Таблица 5

Значения хронического неканцерогенного риска от химического загрязнения атмосферного воздуха в Усть-Лужском сельском поселении на основе результатов собственных исследований

Наименование	Референтные концентрации (*RfC*), мг/м^3	Средняя концентрация, мг/м^3	Хронический неканцерогенный риск (*HQ*)
Азота диоксид	0,04	0,006	0,15
Диоксид серы	0,02	0,005	0,25
Углерод оксид	3	0,005	0,00
Смесь предельных углеводородов C_1–C_5	50	1	0,02
Смесь предельных углеводородов C_6–C_{10}	5	0,1	0,02
Бензол	0,03	0,005	0,17
Ксилол	0,1	0,005	0,05
Толуол	5	0,005	0,00
Бенз(а)пирен	0,000001	0,0000005	0,50
Смесь предельных углеводородов C_{12}–C_{19}	1	0,8	0,80
Взвешенные вещества	0,075	0	0,00

Таблица 6

Значения канцерогенного риска от химического загрязнения атмосферного воздуха в Усть-Лужском сельском поселении на основе результатов собственных исследований

Наименование	Средняя концентрация, мг/м^3	*Sfi*, мг/кг	Риск	Риск суммарный
Бензол	0,005	0,027	3,86E-05	3,91E-05
Бенз(а)пирен	0,0000005	3,9	5,57E-07	

Расчетные значения хронического неканцерогенного и канцерогенного риска не превышают допустимых для проживания уровней. Значения канцерогенного риска относятся ко второму диапазону канцерогенного риска, который приемлем для проживания населения, не требует принятия мер по его снижению, но подлежит контролю.

По состоянию на 2017 год в г. Выборге расположены пять предприятий 2-го и 3-го классов опасности. Установлено, что от трех приоритетных предприятий 2-го и 3-го классов в г. Выборге в атмосферу выделяются загрязняющие вещества 49 наименований. Суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух от указанных предприятий составляет 1765,503887 т/г. Наибольшими объемами выбросов характеризуются два предприятия: ООО «Роквул-север» и ООО «Техно-Николь-Выборг». Их валовой выброс составляет суммарно 1660,864758 т/г. С учетом проведенного ранжирования перечня загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятиями г. Выборга, по величине индекса сравнительной неканцерогенной опасности и величине годового выброса в дальнейшее исследование были включены 22 вещества. Из выбранных веществ семь представляют важность как канцерогенно-опасные: хром (хром шестивалентный) (в пересчете на хрома (VI) оксид), сажа, бензол, этилбензол, бенз/а/пирен (3,4-бензпирен), ацетальдегид, формальдегид. Критические органы и системы, потенциально повреждаемые данными загрязнителями при хронической экспозиции: органы дыхания, кровь, центральная нервная система.

Расчеты канцерогенного риска от воздействия перечисленных веществ, выбрасываемых приоритетными предприятиями г. Выборга, показали, что на территории жилой застройки уровни суммарного индивидуального канцерогенного риска варьируются в пределах 6,21E-07–5,10E-05, что относится ко второму диапазону риска (более 1,0E-06, но менее 1,0E-04) и является приемлемой величиной. С учетом имеющихся сведений о численности населения г. Выборга, составляющего 77 400 человек (по данным на 2018 г.), был рассчитан популяционный канцерогенный риск, который составил от 0,05 до 3,95 случая онкологических заболеваний в течение жизни, что применительно к данной ситуации следует рассматривать как незначительную величину. Анализ территориального распределения индексов опасности *HI* для различных органов и систем, полученных в ходе расчета на существующее положение с учетом выбросов приоритетных предприятий г. Выборга, свидетельствует об отсутствии превышения допустимой величины 1,0 для всех органов и систем на территории жилой застройки г. Выборга. Наиболее уязвимыми по результатам оценки риска можно считать органы дыхания и кровь, индексы опасности *HI* для которых на территории жилой застройки имеют наибольшее значение, но при этом не превышают допустимого уровня 1,0.

Мониторинг качества атмосферного воздуха в г. Выборге проводится ежедневно на одном посту ФБГУ «Северо-Западное УГМС» и один раз в неделю в рамках СГМ на одном посту ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области». На посту ФБГУ «Северо-Западное УГМС» контролируется содержание взвешенных веществ, диоксида серы, диоксида азота, оксида углерода, аммиака, бензола, бенз(а)пирена, тяжелых металлов и др. На посту ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области» контролируется содержание следующих веществ: взвешенные вещества, азота диоксид, серы диоксид, углерода оксид. Анализ результатов исследований атмосферного воздуха в г. Выборге за 2008–2017 гг. показал, что средние концентрации взвешенных веществ, оксида углерода и диоксида серы снизились, диоксида азота остались практически без изменений. В 2016 г. зарегистрировано превышение среднегодовых концентраций по бенз(а)пирену в 1,4 раза, наибольшая зафиксирована в январе (2,2 $ПДК_{мр}$). В годовом ходе отмечается увеличение среднемесячных концентраций в холодные меся-

цы. Содержание тяжелых металлов в воздухе города не превышало ПДК$_{мр}$. Уровни загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы, оксидом углерода и бензолом низкие: среднегодовые концентрации и максимальная из разовых концентраций не превышали гигиенические нормативы.

С целью оценки воздействия качества воздуха на здоровье населения в г. Выборге была выполнена оценка риска с учетом сведений о фактическом уровнем загрязнения воздуха по данными многолетнего мониторинга (табл. 7).

Таблица 7

Расчетные значения риска хронического канцерогенного (*CR*) и неканцерогенных рисков (*HQ*) от загрязнения атмосферного воздуха в г. Выборге

Наименование	*RfC*, мг/м^3	*Sfi*, мг/кг	Средняя концентрация, мг/м^3	*HQ*	*CR*
Железо	0,6	–	0,1430	0,24	–
Кадмий	0,00002	–	0,0070	**351,25**	–
Марганец	0,00005	–	1,5155	**30310,00**	–
Медь	0,00002	–	0,0385	**1922,50**	–
Никель	0,00005	0,084	0,0277	**554,29**	**6,65E-04**
Свинец	0,0005	0,042	0,0059	**11,75**	7,05E-05
Цинк	0,0009	–	0,0060	**6,67**	–
Аммиак	0,1	–	0,0094	0,09	–
Диоксид азота	0,04	–	0,0030	0,08	–
Диоксид серы	0,02	–	1,5500	**77,50**	–
Оксид углерода	3	–	0,0067	0,00	–
Бензол	0,03	0,027	0,0256	0,85	**1,97E-04**
Ксилол	0,1	–	0,4067	**4,07**	–
Толуол	5	–	0,0190	0,004	–
Этилбензол	1	0,00385	0,0667	0,07	7,33E-05
Бенз(а)пирен	0,000001	–	0,0010	**1000,00**	–
Взвешенные вещества	0,075	–	0,0060	0,08	–

Несмотря на отсутствие превышений гигиенических нормативов для атмосферного воздуха (ПДК$_{мр}$) и приемлемые величины риска по результатам расчетов рассеивания выбросов, расчетные значения хронического неканцерогенного риска от воздействия целого ряда загрязнителей (кадмия, марганца, меди, никеля, свинца, цинка, диоксида серы и ксилола) по результатам мониторинга оцениваются как выраженно неприемлемые, для которых значения риска превышают допустимый уровень (1,0) от 4 до 30 310 раз. Выявленные высокие уровни неканцерогенного риска обусловлены, прежде всего, более жесткими референтными концентрациями, используемыми для оценки риска при хроническом многолетнем воздействии, по сравнению с максимально разовыми ПДК. Кроме того, следует обратить внимание на неприемлемо высокий канцерогенный риск от воздействия бензола и никеля в атмосферном воздухе, который превышает диапазон приемлемого риска (менее 1,0E-04) и прогнозируется на уровнях 1,97E-04 и 6,65E-04 соответственно, что можно охарактеризовать как 2–6 дополнительных случаев злокачественных новообразований на каждые 10 тыс. человек популяции.

Выводы. Величины хронического канцерогенного и неканцерогенного рисков здоровью, связанных с деятельностью промышленных предприятий на территории г. Приморска и Усть-Лужского сельского поселения, соответствуют прием-

лемым значениям. В г. Выборге, несмотря на отсутствие превышения гигиенических нормативов ($ПДК_{мр}$) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе по данным многолетнего мониторинга, значения канцерогенного и неканцерогенного риска характеризуются как неприемлемо высокие. Основной вклад в формирование неприемлемого канцерогенного риска вносят никель и бензол; неканцерогенного – кадмий, марганец, медь, никель, свинец, диоксид серы и ксилол. В г. Высоцке уровни канцерогенного риска соответствуют приемлемому уровню, тогда как данные о величине хронического неканцерогенного риска противоречивые.

В г. Выборге рекомендуется провести углубленное изучение влияния атмосферного воздуха на здоровье населения, дополнить программу мониторинга атмосферного воздуха веществами, для которых установлен фактор канцерогенного потенциала, и увеличить кратность исследований, а также предложить органам местного самоуправления принять управленческие решения по снижению выбросов загрязняющих веществ приоритетными предприятиями, вносящими наибольший вклад в формирование загрязнения атмосферного воздуха. В г. Высоцке необходима организация стационарных постов контроля качества воздуха для контроля следующих показателей: азота диоксид, диоксид серы, углерод оксид, смеси предельных углеводородов C_1–C_5, C_6–C_{10}, C_{12}–C_{19}, бензол, ксилол, толуол, бенз(а)пирен, взвешенные вещества. Аналогичные рекомендации можно распространить и на г. Приморск, где мониторинг атмосферного воздуха не проводится и при этом планируется строительство Приморского универсально-перегрузочного комплекса. В Усть-Лужском сельском поселении с учетом влияния промышленных предприятий, расположенных на территории Морского порта Усть-Луга, на качество атмосферного воздуха, рекомендуется увеличить кратность исследований, проводимых в рамках мониторинга.

Список литературы

1. Горяев Д.В., Тихонова И.В. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха и риски для здоровья населения Красноярского края // Анализ риска здоровью. – 2016. – № 2. – С. 76–83.

2. Комплексная оценка канцерогенного риска для здоровья населения моногородов и сельских поселений / В.М. Боев, Д.А. Кряжев, Л.М. Тулина [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 2. – С. 57–64. DOI: 10.21668/health.risk/2017.2.06.

3. Перспективные направления развития методологии анализа риска в России / С.Л. Авалиани, Л.Е. Безпалько, А.Л. Бобкова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2013. – № 1. – С. 33–35.

4. 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.

5. Environment and health in the WHO European Region: progress, challenges and lessons learned: working document: Regional Committee for Europe65th session // World Health Organization. – Vilnius, 2015. – 15 p.

6. Integrated Risk Information System // United States Environmental Protection Agency [Электронный ресурс]. – URL: https://www.epa.gov/iris (дата обращения: 01.04.2022).

7. Progress report on the European Environment and Health Process: working document: Regional Committee for Europe 66th session // World Health Organization. – Copenhagen, 2016. – 16 p.

Обоснование комплекса количественных критериев для оценки неканцерогенного риска здоровью населения при хроническом поступлении бензола с атмосферным воздухом

А.А. Хасанова

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

Предложен комплекс количественных критериев для оценки неканцерогенного риска здоровью, связанного с ингаляционной экспозицией бензола, включающий в себя референтную концентрацию бензола (*RfC* = 0,005 мг/м^3, критические органы и системы – система крови и иммунная система), и дополнительные количественные критерии его воздействия на отдельные органы и системы (дополнительная *RfC* печень = 0,007 мг/м^3, дополнительная *RfC* развитие = 0,012 мг/м^3). Они могут быть использованы в качестве параметров при проведении процедуры оценки риска для здоровья населения при хроническом ингаляционном поступлении бензола, в том числе в условиях многокомпонентной повышенной экспозиции.

Ключевые слова: бензол, референтная концентрация, неканцерогенный риск, атмосферный воздух.

В соответствии с Федеральным законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»[1] для предотвращения вредного воздействия факторов среды обитания на здоровье населения необходимо проведение комплексных исследований по выявлению и оценке их воздействия, включающих в себя в том числе расчет и оценку риска для здоровья человека.

Основополагающим документом при проведении процедуры оценки риска является Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду»[2]. В соответствии с ним при проведении оценки риска, связанного с хроническим поступлением вредных веществ из атмосферного воздуха, установленные концентрации сравниваются с референтными концентрациями (*RfC*), представляющие собой суточное воздействие химического вещества в течение всей жизни, которое, в свою очередь, устанавливается с учетом всех имеющихся современных научных данных и, вероятно, не приводит к возникновению неприемлемого риска для здоровья чувствительных групп населения[3]. Данные величины представлены для широкого

[1] О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон (с изменениями на 2 июля 2021 года) (редакция, действующая с 1 января 2022 года) [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/901729631 (дата обращения: 19.04.2022).

[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] Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития: монография / Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцева [и др.]. – М.; Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 738 с.

спектра химических веществ, при этом для каждого вещества определены критические органы и системы. Для некоторых веществ установлен один критический орган или система при хроническом ингаляционном поступлении (алюминий, ванадий, кобальт, озон, магний оксид и др.), а для некоторых – представлен достаточно широкий перечень критических органов и систем (бензол, мышьяк, свинец, фенол, хром и т.д.). По данным анализа современных токсикологических и эпидемиологических исследований установлено, что химическое вещество способно оказывать влияние на различные органы и системы при различных концентрациях, то есть чем больше величина экспозиции анализируемого химического вещества, тем больший список органов и систем, со стороны которых возможно возникновение вредных эффектов. Кроме того, в соответствии с результатами ряда новейших научных исследований статистически достоверные вредные эффекты воздействия некоторых веществ на критические органы и системы наблюдаются при более низких уровнях, чем используемые величины референтных концентрации при хроническом ингаляционном поступлении. Вместе с этим отмечаются достоверные эффекты влияния на органы и системы, которые ранее не использовались в качестве критических при проведении процедуры оценки риска.

Таким образом, использование существующих референтных концентраций и соответствующих им критических органов и систем может приводить как к недооценке, так и к переоценке формируемых уровней риска для здоровья населения. В связи с этим целесообразно совершенствование количественных критериев для оценки неканцерогенных рисков здоровью населения, связанных с химическим загрязнением объектов среды обитания, заключающееся в том числе в обновлении существующих референтных концентраций и расширении перечня количественных критериев для оценки риска здоровью населения в условиях повышенных уровней экспозиции.

Апробация вышеизложенных положений была проведена на примере бензола, так как для данного вещества в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 указан один из наиболее широких перечней критических органов и систем при хроническом ингаляционном поступлении, для него имеется ряд обновленных релевантных токсикологических и эпидемиологических исследований, он является одним из приоритетных химических веществ в соответствии со списками приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха Air Quality Standards of European Commission и ATSDR's Substance Priority List, входит в список загрязнителей в соответствии с письмом «О списке приоритетных веществ, содержащихся в окружающей среде, и их влиянии на здоровье населения» № 11/109-111 от 7.08.1997, а также в соответствии с Государственным докладом «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году» входит в состав приоритетных факторов среды обитания, формирующих медико-демографические потери[4] [1, 3, 5–6, 8–9].

[4] О списке приоритетных веществ, содержащихся в окружающей среде и их влиянии на здоровье населения [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=838 (дата обращения: 15.11.2021); 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.

Цель исследования – обоснование комплекса количественных критериев, характеризующих пороговые уровни влияния бензола на отдельные органы и системы, для оценки неканцерогенного риска здоровью населения в условиях хронического поступления бензола с атмосферным воздухом.

Материалы и методы. Для установления уровней экспозиции, которые могут быть использованы в качестве исходных для обоснования количественных критериев, был выполнен аналитический обзор отечественных и зарубежных исследований о влиянии бензола на различные органы и системы в базах данных Scopus, ResearchGate, Web of Science, CyberLeninka, NCBI PubMed, eLibrary, Google Scholar, Elsevier, соответствующих критериям релевантности. Далее была проведена их систематизация и углубленный анализ с целью выбора ключевых исследований, включающих в себя исчерпывающие данные для установления статистически достоверных минимальных уровней экспозиции, вызывающих развитие тех или иных вредных эффектов в рамках выделенных органов и систем.

Формирование базы данных и выделение ключевых исследований проводились в соответствии с подходами к установлению референтных концентраций, применяемыми Агентством по охране окружающей среды США (US EPA) [4, 15, 19].

Далее в рамках каждого из отобранных исследований определялся уровень экспозиции, который будет использован в качестве исходного для обоснования количественных критериев для оценки неканцерогенного риска здоровью населения, или так называемых отправных точек (NOAEL, LOAEL, BMC, BMCL и др.) и установление соответствующих факторов неопределенности, которое осуществлялось на основе подходов Международной программы по химической безопасности (IPCS) Всемирной организации здравоохранения [2, 7, 17].

Для расчета количественных критериев для оценки неканцерогенного риска была использована формула, применяемая Агентством по охране окружающей среды США (US EPA) для расчета референтных концентраций [4]:

$$RfC = POD / \prod MF,$$

где RfC – референтная концентрация химического вещества в атмосферном воздухе, мг/м^3; POD – величина отправной точки (концентрация), мг/м^3; MF – величина суммарного фактора неопределенности.

Верификация RfC бензола, соответствующей допустимому уровню риска в течение жизни человека, проводилась отделом математического моделирования по данным углубленных исследований ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» на основе принципов, представленных в методических рекомендациях МР 2.1.10.0062-12 «Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей»[5].

Результаты. Для достижения цели исследования была обоснована референтная концентрация бензола при хроническом ингаляционном поступлении, обеспечивающая безопасность для жизни и здоровья человека в течение всей жизни, и дополнительные количественные критерии, характеризующие пороговые уровни

[5] МР 2.1.10.0062-12. Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей: методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 36 с.

его влияния на отдельные органы и системы. Для этого по результатам проведенного аналитического обзора отечественных и зарубежных исследований была сформирована база данных, включающих в себя исследования о влиянии бензола на различные органы и системы организма. После их анализа на соответствие критериям релевантности и достаточности для установления статистически достоверных минимальных уровней экспозиции, вызывающих развитие вредных эффектов, было отобрано семь ключевых исследований – это работы Chen et al. (2000), Lupo et al. (2011), Lan et al. (2004), Uzma et al. (2008), Perez et al. (2006), Rothman et al. (1996) и Scnhatter et al. (2010) [10–14, 16, 18, 19].

Далее в рамках каждого из исследований были определены величины отправных точек, установлен соответствующий суммарный фактор неопределенности и рассчитаны величины количественных критериев (таблица).

В соответствии с результатами расчетов количественных критериев для оценки неканцерогенного риска здоровью при хроническом ингаляционном поступлении бензола на базе ключевых исследований влияния данного химического вещества на различные органы и системы при экспозиции бензола, равной от 0,005 до 0,007 мг/м^3, возможно возникновение вредных эффектов со стороны влияния на систему крови и иммунную систему; при достижения уровня, равного 0,007 мг/м^3, – со стороны не только системы крови и иммунной системы, но и со стороны печени; при достижении уровня экспозиции, равного 0,012 мг/м^3, возможно также возникновение дополнительных вредных эффектов со стороны влияния на развивающийся организм.

Результаты расчетов количественных критериев для оценки неканцерогенного риска здоровью при хроническом ингаляционном поступлении бензола на базе ключевых исследований влияния данного химического вещества на различные органы и системы

Исследование (год)	Критический орган / система органов	Величина отправной точки (*POD*), мг/м^3	Величина суммарного фактора неопределенности (*MF*)	Рассчитанный уровень количественного критерия, мг/м^3
Chen et al. (2000)	Влияние на развивающийся организм	LOAEL = 0,36	30	0,012
Lupo et al. (2011)	Влияние на развивающийся организм	LOAEL = 0,45	30	0,015
Lan et al. (2004)	Система крови, иммунная система	BMCL = 0,665	120	**0,005**
Rothman et al. (1996)	Система крови, иммунная система	BMCL = 8,2	120	0,07
Scnhatter et al. (2010)	Система крови, иммунная система	BMCL = 10,8	120	0,09
Uzma et al. (2008)	Печень	LOAEL = 3,26	480	0,007
Perez et al. (2006)	Печень	LOAEL = 4,7	300	0,016

Минимальная величина рассчитанного уровня количественного критерия составляет 0,005 мг/м^3. По результатам ее верификации с помощью эволюционных моделей установлено, что при экспозиции бензола на уровне 0,005 мг/м^3 величина приведенного индекса риска здоровью составляет менее 0,05, что может оцениваться как риск пренебрежимо малый (приемлемый, допустимый), не отличающий-

ся от обычных, повседневных рисков. В связи с тем что предлагаемая величина обеспечивает безопасность (отсутствие недопустимого (неприемлемого)) риска для жизни и здоровья человека в течение всей жизни, она может быть использована в качестве референтной концентрации при проведении процедуры оценки неканцерогенного риска здоровью населения при хроническом поступлении бензола с атмосферным воздухом. В качестве критических органов и систем используются система крови и иммунная система.

Таким образом, величина, равная 0,005 мг/м^3, может быть использована в качестве референтной концентрации при оценке риска здоровью населения при хроническом ингаляционном поступлении бензола; величина 0,007 мг/м^3 может применяться в качестве дополнительного количественного критерия воздействия бензола в отношении влияния на печень, а величина 0,012 мг/м^3 – в качестве дополнительного количественного критерия, характеризующего экспозицию бензола, при которой возможно возникновение вредных эффектов со стороны влияния на развивающийся организм.

Выводы. По результатам проведенного исследования для бензола был предложен комплекс количественных критериев для оценки неканцерогенного риска здоровью населения при хроническом ингаляционном поступлении в виде *RfC*, верифицированной с помощью эволюционного моделирования, и дополнительных количественных критериев его воздействия на отдельные органы и системы. В качестве референтной концентрации рекомендовано использовать величину 0,005 мг/м^3, критические органы и системы – система крови и иммунная система. В качестве дополнительных количественных критериев бензола установлены величины 0,007 мг/м^3, критический орган – печень, и 0,012 мг/м^3, критический эффект – влияние на развивающийся организм. Они могут быть использованы в качестве параметров при проведении процедуры оценки риска для здоровья населения при хроническом ингаляционном поступлении бензола, в том числе в условиях многокомпонентной повышенной экспозиции. Использование установленного комплекса количественных критериев при расчете индексов опасности позволит более точно структурировать формируемые риски для здоровья населения.

Список литературы

1. Разработка параметров для оценки неканцерогенного риска при хроническом ингаляционном поступлении бензола и среднегодовой ПДК бензола по критериям риска для здоровья населения / П.З. Шур, Н.В. Зайцева, А.А. Хасанова, К.В. Четверкина, В.М. Ухабов // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 42–49. DOI: 10.21668/health.risk/2021.4.04

2. Хасанова А.А. Анализ отечественных и зарубежных методических подходов к учету неопределенностей при установлении гигиенических нормативов содержания вредных веществ в атмосферном воздухе // 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: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – 2020. – Т. 1. – С. 100–107.

3. Хасанова А.А. Выбор отправного уровня экспозиции для разработки среднегодовой ПДК бензола в атмосферном воздухе в целях анализа химических рисков для здоровья населения // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения: 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, 2021. – С. 25–30.

4. A Review of the Reference Dose and Reference Concentration Processes. Reference Dose/Reference Concentration (RfD/RfC) Technical Panel // Risk Assessment Forum, U.S.EPA. – Washington, DC (Final report. EPA/630/P-02/002F), 2002. – 192 p.

5. Addendum to the toxicological profile for benzene: U.S. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. – Atlanta, 2015. – 59 p.

6. ATSDR's Substance Priority List [Электронный ресурс]. – URL: https: //www.atsdr.cdc.gov/spl/ (дата обращения: 23.03.2022).

7. Chemical-specific adjustment factors for interspecies differences and human variability: guidance document for use of data in dose/concentration–response assessment [Электронный ресурс] // World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (IPCS). – Harmonization Project Document, No. 2. – URL: http://whqlibdoc.who.int/publications/2005/9241546786_eng.pdf (дата обращения 15.02.2022).

8. Development Support Document. Benzene [Электронный ресурс] // Texas commission on environmental quality (TCEQ). – 2015. – 65 p. – URL: https: //www.tceq.texas.gov/assets/public/implementation/tox/dsd/final/benzene.pdf (дата обращения: 28.02.2022).

9. Draft Toxicological profile for Benzene: U.S. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. – Atlanta, 2007. – 438 p.

10. Exposure to benzene, occupational stress, and reduced birth weight / D. Chen, S.-I. Cho, C. Chen, X. Wang, A.I. Damokosh, L. Ryan, T.J. Smith, D.C. Christiani, X. Xu // Occup. Environ. Med. – 2000. – Vol. 57, № 10. – P. 661–667. DOI: 10.1136/oem.57.10.661.

11. Hematotoxicity in workers exposed to low levels of benzene / Q. Lan [et al.] // Science. – 2004. – Vol. 306, № 5702. – P. 1774–1776. DOI: 10.1126/science.1102443.

12. In vitro and in vivo evaluation of toxic effect of benzene on lymphocytes and hepatocytes [Электронный ресурс] / N. Uzma, B. Kumar, K. Salar [et al.] // The Internet Journal of Toxicology. – 2008. – Vol. 6, № 2. – URL: https://ispub.com/IJTO/6/2/7846 (дата обращения: 28.03.2022).

13. Liver damage in workers exposed to hydrocarbons / C.A. Perez, J.D. Bosia, M.S. Cantore, A. Chiera, D.R. Cocozzella, R.E. Adrover, S. Borzi, J.O. Curciarello // Gastroenterol. Hepatol. – 2006. – Vol. 29, № 6. – P. 334–337. DOI: 10.1157/13089716.

14. Maternal exposure to ambient levels of benzene and neural tube defects among offspring: Texas, 1999–2004 / P.J. Lupo, E. Symanski, D.K. Waller [et al.] // Environ. Health Perspect. – 2011. – Vol. 119, № 3. – P. 397–402. DOI: 10.1289/ehp.1002212.

15. Methods for Derivation of Inhalation Reference Concentrations and Application of Inhalation Dosimetry // Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency. – Research Triangle Park, NC, EPA/600/8-90/066F. – 1994. – 289 p.

16. Peripheral blood effects in benzene-exposed workers / A.R. Schnatter [et al.] // Chem. Biol. Interact. – 2010. – Vol. 1–2, № 184. – P. 174–181. DOI: 10.1016/j.cbi.2009.12.020.

17. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food: Environmental Health Criteria 240. Chapter 5. Dose-response assessment and derivation of health-based guidance values // World Health Organization. – 2009. – 64 p.

18. Rothman N. Hematotoxicity among Chinese workers heavily exposed to benzene // Am. J. Ind. Med. – 1996. – Vol. 29, № 3. – P. 236–246.

19. Toxicological Review of Benzene (Noncancer Effects) (EPA/635/R-02/001F) // U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment. – Washington, DC, 2003. – 180 p.

Изучение токсичности фенольных соединений на культуре клеток в системе *in vitro*

А.С. Ширинкина[1], Д.Г. Дианова[1,4], О.В. Долгих[1,2,3], Т.В. Бомбела[4], Е.И. Гребенкина[2]

[1] ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
[3] ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
[4] ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Минздрава РФ,
г. Пермь, Россия

Проведено изучение особенностей влияния природных фенольных флавоноидов 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона (лютеолина) и 3,5,7,3′,4′-пентагидроксифлавона (кверцетина) на фагоцитарную активность гранулоцитарного ростка белой крови. По результатам проведенных исследований выявлено наличие изменений со стороны системы фагоцитоза *in vitro*, которые проявляются в достоверном снижении индуцированной фенолами фагоцитарной активности, по отношению к спонтанному уровню (снижение в 1,25–1,6 раза). Представленные результаты эксперимента, полученные в системе *in vitro*, позволяют оценить вклад фенольных соединений природного происхождения в регуляторные механизмы иммунной системы.

Ключевые слова: 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавон, 3,5,7,3′,4′-пентагидроксифлавон, фагоцитоз.

В последнее время внимание исследователей привлекают фенольные соединения, среди которых наиболее активно изучаются флавоноиды. При этом флавоноиды, содержащиеся в растениях, представляют интерес не только как антиоксиданты, но и как биологически активные соединения, потенциально обладающие токсическим действием на организм [6]. Флавоноиды принадлежат к классу поли-

фенольных соединений растительного происхождения. На их основе возможно создание новых высокоактивных лекарственных препаратов, обладающих противовоспалительной, антиканцерогенной, противовирусной, антипаразитарной или бактерицидной активностью [8]. Флавоноиды являются перспективной группой природных соединений для создания на их основе иммуномодулирующих лекарственных средств. Они широко распространены в растительном мире, входят в состав многих растительных продуктов, БАД к пище и фитопрепаратов [1]. Научный и практический интерес к указанной группе соединений проявляют специалисты в области биофизики, биохимии, молекулярной биологии и профилактической медицины, что связано с обсуждением как позитивного, так и негативного влияния флавоноидов на сигнальные и регуляторные системы клетки, рассмотрением механизма их биохимического и токсического действия [5].

В настоящее время различные полифенолы исследуются повсеместно как «биокорректоры». Кверцетин – хорошо изученный флавоноид, широко распространен в растительном мире [9]. Кверцетин (3,5,7,3′,4′-пентагидроксифлавон) – представитель семейства флавонолов, обладающий 3-гидроксифлавоновым скелетом. Данный флавоноид обладает противовоспалительной, антиаллергенной, антиоксидантной и противоопухолевой активностями [7]. Комплексы кверцетина с тяжелыми металлами могут применяться как пищевые и кормовые добавки с высокой эффективностью усвоения микроэлементов [3].

Лютеолин, водонерастворимый 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавон, является одним из наиболее хорошо изученных представителей флавонов. Лютеолин является незаменимым компонентом пищи человека и других млекопитающих, который, изменяя активность различных ферментов обмена веществ, рецепторов-мишеней и сигнальных трансдукторных путей, обладает широким спектром фармакологической активности, включая онкологические заболевания. При этом следует отметить, что до настоящего времени при его применении не зарегистрировано каких-либо серьезных побочных эффектов. Более того, при терапевтическом использовании препаратов на основе лютеолина было показано, что они обеспечивают надежную защиту от перекисного окисления липидов, предотвращая развитие патологических процессов, индуцированных усилением процессов перекисного окисления липидов в организме [2].

Изучение особенностей токсичности различных фенольных соединений, выделенных из растительного сырья, с верификацией эффектов *in vitro*, является актуальной задачей обеспечения медико-биологической безопасности использования биологически активных пищевых добавок и лекарственных средств [4].

Цель исследования – оценка токсичности природных флавоноидов 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона (лютеолина) и 3,5,7,3′,4′-пентагидроксифлавона (кверцетина) на фагоцитарную активность клеток периферической крови *in vitro*.

Материалы и методы. Для изучения эффекта фенольных соединений растительного происхождения на поглотительную активность фагоцитов использована система *in vitro* (проанализировано 15 проб венозной крови). Контрольные пробы – пробы без добавления 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона и 3,5,7,3′,4′-пентагидроксифлавона ($n = 15$), опытные пробы – пробы с добавлением 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона и 3,5,7,3′,4′-пентагидроксифлавона в концентрации 0,5 мг/мл ($n = 15$).

Исследование фагоцитарной активности клеток проводили с использованием формалинизированных эритроцитов барана в качестве объектов фагоцитоза.

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 проводился методами описательной статистики и сравнения выборок (с использованием *t*-критерия Стьюдента и *U* 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. Экспериментальные исследования образцов крови (гранулоцитарный росток) *in vitro* позволили установить наличие изменений со стороны показателей иммунной системы. Сводные результаты изучения влияния флаваноидов на фагоцитарную активность клеток детского населения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика показателей спонтанного и индуцированного фагоцитоза

Показатель	Физиологическая норма	Проба без добавления флавоноидов, $n = 15$ ($M \pm m$)	Проба с добавлением 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона (лютеолина), $n = 15$ ($M \pm m$)	Проба с добавлением 3,5,7,3′,4′-пентагидроксифлавона (кверцетина), $n = 15$ ($M \pm m$)
Процент фагоцитоза, %	35–60	46 ± 3,981*/**	36,8 ± 3,729*/**	36,81 ± 3,662*/**
Фагоцитарное число, усл. ед.	0,8–1,2	1,39 ± 0,180*/**	0,91 ± 0,148*/**	0,87 ± 0,126*/**
Фагоцитарный индекс, усл. ед.	1,5–2	2,91 ± 0,160*/**	2,32 ± 0,163*/**	2,24 ± 0,108*/**

Примечание: * – разница достоверна относительно референтного уровня ($p < 0{,}05$); ** – разница достоверна относительно группы сравнения ($p < 0{,}05$).

Оценка результатов выявила статистически значимое в 1,25 раза ингибирование фагоцитоза в опытных образцах (табл. 1). Установлено статистически значимое снижение фагоцитарного числа после внесения в опытные пробы экстракта лютеолина и кверцетина в 1,5 и 1,6 раза соответственно. Сравнительный анализ с показателями физиологической нормы позволил установить превышение показателя абсолютного фагоцитоза для всех проб. Относительно группы сравнения наблюдается достоверное снижение фагоцитарной активности по критерию фагоцитарного индекса в 1,25 и 1,3 раза ($p \leq 0{,}05$).

Доля проб с пониженными значениями процента фагоцитоза относительно физиологической нормы (ФН) в контрольных образцах достоверно составила 33,3 % против 46,7 % в опытных образцах с добавлением лютеолина и 40 % с добавлением кверцетина, кратность превышения 1,4 и 1,2 раза соответственно ($p \leq 0{,}05$) (табл. 2). В образцах крови без добавления экстрактов доля проб с превышениями процента фагоцитоза по сравнению с физиологическими значениями составила 13,3 % против 6,7 % в пробах при добавлении лютеолина и 13,3 % при добавлении кверцетина.

Таблица 2

Частота регистрации проб с отклонением от физиологической нормы, %

Показатель	Проба без добавления флавоноидов, $n = 15$ ($M \pm m$)		Проба с добавлением 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона (лютеолина), $n = 15$ ($M \pm m$)		Проба с добавлением 3,5,7,3′,4′-пентагидроксифлавона (кверцетина), $n = 15$ ($M \pm m$)	
	выше	ниже	выше	ниже	выше	ниже
Процент фагоцитоза, %	13,3	33,3	6,7	46,7	13,3	40
Фагоцитарное число, усл. ед.	33,3	20	26,7	53,3	20	60
Фагоцитарный индекс, усл. ед.	100	0	100	0	100	0

Частота встречаемости проб с превышениями фагоцитарного числа относительно физиологической нормы в контрольных пробах составила 33,3 % против 26,7 % в опытных пробах с добавлением лютеолина и 20 % с добавлением кверцетина. Доля проб с пониженными значениями фагоцитарного числа относительно физиологической нормы в контрольных образцах составила 20 % против 53,3 и 60 % соответственно в опытных образцах. Во всех изучаемых образцах регистрируется повышение показателя фагоцитарного индекса относительно физиологической нормы.

Выводы. По результатам исследования фагоцитарной активности клеток крови *in vitro* выявлены достоверные изменения врожденного клеточного иммунитета. Наблюдается статистически значимое индуцированное фенолами ингибирование фагоцитоза на 25 % (по отношению к спонтанному уровню). Установленный *in vitro* дисбаланс факторов фагоцитарной активности (дефицит) доказывает, что различные фенольные соединения, выделенные из растительного сырья, оказывают супрессорное влияние на иммунную систему. Особенностью токсического действия экзогенных фенольных соединений природного происхождения (лютеолин, кверцетин) – угнетение адаптационных возможностей иммунной системы, в том числе факторов неспецифической защиты.

Список литературы

1. Минчуков А.Л. Сравнение антиоксидантной активности кверцетина и рутина // III Гаммермановские чтения. – 2017. – С. 79–81.

2. Попов А.М., Осипов А.Н., Корепанова Е.А. Изучение антиоксидантной и мембранотропной активности лютеолина с использованием различных модельных систем // Биофизика. – 2016. – № 61 (6). – С. 1079–1087.

3. Станюк Н.В. Изучение уф-спектров кверцетина и его комплексов с тяжелыми металлами // МНСК-2018: Химия: материалы 56-й Международной научной студенческой конференции. – 2018. – С. 160.

4. Фагоцитарная активность фенольныхсоединений растительного происхождения (на примере полистробила) / Д.Г. Дианова, О.В. Долгих, В.Д. Белоногова [и др.] // Анализ риска здоровью: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием – Пермь, 2021. – С. 233–238.

5. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина / Ю.С. Тараховский, Ю.А. Ким, Б.С. Абдраимов [и др.]. – Пущино: Synchrobook, 2013. – 310 с.

6. Флавоноиды лекарственных растений: прогноз антиоксидантной активности / В.А. Куркин [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2–2. – С. 517–517.

7. Функциональная активность митохондрий печени в присутствии кверцетина и комплекса кверцетин-HP-B-CD / Т.В. Ильич, Т.А. Коваленя, Е.А. Лапшина [и др.] // Актуальные проблемы биохимии: сборник материалов научно-практической конференции с международным участием, посвященной 60- летию создания кафедры биологической химии ГрГМУ. – Гродно, 2019 – С. 121–125.

8. Шагаутдинова И.Т., Элькин М.Д., Лихтер А.М. Спектральная идентификация колебательных спектров апигенина и лютеолина // Поверхность. рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2015. – № 7. – С. 105.

9. Эффект кверцетина и комплекса кверцетин гидроксипропил-β-циклодекстрин при окислительном повреждении митохондрий *in vitro* / Т.А. Коваленя, Т.В. Ильич, А.И. Савко [и др.] // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем: тез. докл. междунар. науч. конф., Четырнадцатого съезда Белорус. обществ. об-ния фотобиологов и биофизиков. – Минск, 2020. – С. 39.

Раздел III

Риск-ориентированный санитарно-эпидемиологический надзор: методическое развитие, опыт применения, новые формы в условиях цифровой трансформации общества

Особенности организации контроля за производственными факторами рабочей среды на предприятиях по добыче медносульфидных руд

Н.А. Бейгул[1], Л.К. Каримова[1], Н.А. Мулдашева[1], Г.Г. Гимранова[1,2], Л.Н. Маврина[1]

[1] ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»,
[2]ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава РФ,
г. Уфа, Россия

Необходимость совершенствования системы производственного контроля за условиями труда в подразделениях предприятий по добыче и переработке медносульфидных руд в соответствии с новыми требованиями, изложенными в СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда», определяет актуальность данной работы.

В работе определен перечень показателей для проведения производственного контроля за условиями труда по каждому подразделению горнодобывающего предприятия с учетом специфики используемого технологического процесса, применяемого оборудования, выполняемых технологических операций на основании ранее проведенных исследований и измерений факторов рабочей среды (специальной оценки условий труда, производственного контроля) и собственных исследований.

Производственными факторами в подразделениях горно-обогатительного комбината, представляющими потенциальную опасность для работников и подлежащие контролю, являлись химические и физические факторы (шум, вибрация, аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (пыль медносульфидной руды, известняк, цемент), температура окружающего воздуха, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение, ионизирующие излучения, ультразвук, инфразвук и освещение).

Реализация программы в области обеспечения безопасных условий труда позволит работодателям выявить основные производственные факторы риска, своевременно разработать и выполнить мероприятия по улучшению условий труда с целью снижения рисков для здоровья работников.

Ключевые слова: условия труда, вредные производственные факторы, производственный контроль, добыча, переработка, медносульфидные руды.

Добыча рудных пород является одной из основных ресурсодобывающих отраслей экономики Российской Федерации и обеспечивает занятость большого количества работников.

Добыча рудных полезных ископаемых сопряжена с высоким риском повреждения здоровья работников в результате сочетанного воздействия комплекса вредных производственных факторов [4–6]. Перечень вредных факторов производственной среды и трудового процесса на рабочих местах определяется специфическими особенностями добычи различных руд и зависит от физико-химических свойств вмещающих пород, климатогеографической характеристики региона, в котором производится их добыча [2, 7–9].

Конкретные условия труда работников определяются спецификой добычи руды [4, 5, 7–9]. Установлено, что для одних и тех же профессий условия труда на предприятиях по добыче рудных ископаемых значительно варьируются и относятся к вредным с различной степенью, что обусловливает высокий риск нарушения здоровья у работников в виде профессиональной заболеваемости и производственного травматизма [1, 3, 4, 6].

Согласно проведенным исследованиям [1, 2, 4, 7–9], аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД), вибрация, шум, неблагоприятный микроклимат, ионизирующее излучение, а также тяжесть трудового процесса относятся к числу ведущих вредных производственных факторов на рабочих местах предприятий по добыче и переработке руд.

Наиболее полную и достоверную информацию об уровнях воздействия вредных производственных факторов работодатель может получить, используя материалы производственного контроля за условиями труда. Это постоянно действующая форма контроля по обеспечению гигиенической безопасности, на основании которого разрабатываются и реализуются санитарно-противоэпидемические мероприятия.

В организацию производственного контроля за условиями труда входят разработка программы и непосредственное осуществление инструментальных измерений производственных факторов в соответствии с этой программой. При разработке программы производственного контроля необходимо учитывать специфику добычи конкретных руд и их физико-химические свойства.

Цель исследования – определение основных показателей производственных факторов для организации и проведения производственного контроля за условиями труда работников, занятых добычей и переработкой медно-цинковых руд.

Программа производственного контроля должна определять перечень должностных лиц, на которых возложены обязанности по проведению производственного контроля, регламентировать организацию и осуществление производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий в части обеспечения безопасных условий труда на рабочих местах. Кроме этого, программа производственного контроля за условиями труда должна устанавливать номенклатуру показателей для контроля с использованием лабораторных и инструментальных методов исследований и измерений, объем контроля, периодичность контроля, точки проведения контроля.

Программа производственного контроля может быть исправлена или дополнена в порядке пересмотра в следующих случаях: при изменении вида деятельности, технологий производства, технического переоснащения объектов, замены оборудования, проведения капитального ремонта и реконструкции цехов, участков, а также при вступлении в силу новых нормативных правовых актов.

Объектами производственного контроля за условиями труда являются рабочие места.

Номенклатура, объем и периодичность лабораторных исследований и испытаний факторов производственной среды определяются с учетом данных системы управления охраной труда (СУОТ) или ранее проведенного производственного контроля. При этом лабораторным исследованиям и испытаниям подлежат только те факторы, уровни которых превышают гигиенические нормативы.

Производственный контроль условий труда по химическим и физическим факторам производственной среды должен осуществляться в соответствии с требованиями, объемами и периодичностью, установленными в действующих нормативных и методических документах.

При организации производственного контроля условий труда необходимо учитывать, что лабораторные и инструментальные измерения факторов рабочей среды могут быть выполнены как лабораториями самого предприятия либо сторонними испытательными лабораториями на определенной договорной основе, аккредитованными в установленном порядке. Область аккредитации организаций, выполняющих лабораторные и инструментальные измерения (испытания), должна соответствовать номенклатуре факторов и показателей, подлежащих оценке при производственном контроле условий труда. Средства измерения, используемые для проведения лабораторных и инструментальных измерений, должны быть зарегистрированы в Госреестре и проходить государственную метрологическую поверку в установленные сроки. Средства измерения факторов рабочей среды должны быть изготовлены во взрывопожаробезопасном исполнении.

Контролируемыми производственными факторами в подразделениях горно-обогатительного комбината являются химический и физические факторы (шум, вибрация, аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (пыль медносульфидной руды, известняк, цемент), температура окружающего воздуха, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение, ионизирующие излучения, ультразвук, инфразвук и освещение).

Инструментальные измерения параметров микроклимата (температура воздуха, влажность, скорость движения воздуха) на объектах горно-обогатительного комбината осуществляются на стационарных рабочих местах, горизонтах подземных участков.

Контроль за уровнем освещенности, пульсацией освещенности, избыточной яркостью, высокой неравномерностью распределения яркости, прямой и отраженной слепящей блескостью осуществляется при вводе в эксплуатацию осветительных установок, после их ремонта либо реконструкции. Периодичность контроля освещенности рабочей зоны устанавливается в соответствии с нормативными документами.

В добываемых рудном сырье и медно-цинковом концентрате возможно наличие примесей радиоактивных элементов. В связи с этим дозиметрический контроль за радиационной обстановкой в рабочих зонах открытых площадок в горизонтах подземных участков, производственных помещениях на территории горно-обогатительного комбината устанавливается в соответствии с действующими нормативными документами.

Перечень вредных веществ, подлежащих контролю в воздухе рабочей зоны, будет определяться в зависимости от вида сырья, этапа технологического процесса, способа добычи (открытый, закрытый) и переработки руды.

При производстве взрывных, буровзрывных, погрузочно-разгрузочных работ, транспортировке горной массы в процессе добычи руды подземным способом в воздух рабочей зоны выделяется пыль медносульфидной руды, содержащая кремния диоксид с массовой долей от 2–10 % и 10–70 % в зависимости от процентного содержания в ней ценных металлов. Этот же состав пыли наблюдается и при бурении скважин, шпуров станками вращательного действия,

перфораторном бурении, а также в процессе экскавации в случае открытого способа добычи.

На подземных участках крепильщиками проводится приготовление раствора цемента, который с помощью торкрет-машин набрызгивается на стены горных выработок для их укрепления. При смешивании сухой цементной смеси с водой в воздух рабочей зоны поступает слабофиброгенная аэрозоль силикатсодержащей пыли (цемента).

Пыль медносульфидной руды в зависимости от массовой доли кремния диоксида, а также пыль известняка должны контролироваться в воздухе при обогащении медно-цинковых руд в отделениях дробления и грохочения.

В отделении обогащения руды необходимо обеспечить аналитический контроль за содержанием в воздухе рабочей зоны химических реагентов, используемых для отделение полезных металлов от пустой породы и различных примесей, и продуктов реакции с ними. К ним относятся акриламид (проп-2-енамид), динатрий карбонат, кальций дигидроксид, сульфат меди, дисульфид углерода, сульфид цинка и оксид углерода.

При организации аналитического контроля за содержанием пыли медносульфидной руды в воздухе рабочей зоны производственных объектов необходимо обязательно проводить определение массовой доли кремния диоксида (%) в пыли данного рудного сырья. По установленному в ходе анализа содержанию кремния диоксида выбирается соответствующий гигиенический норматив – предельно допустимая концентрация (максимально разовая $ПДК_{мр}$ и / или среднесменная $ПДК_{сс}$). Это в дальнейшем позволяет оценить влияние АПФД на организм работающего в зависимости от интенсивности фиброгенного действия данной пыли на легочную ткань.

Установлено, что, например, при добыче медносульфидной руды при вскрышных работах в рудничной пыли определяется кремния диоксид в концентрации более 10 %. Тогда как при выемке и переработке руды уже с высоким содержанием меди и цинка, массовая доля кремния диоксида составляет всего 2–7 %. Пыль рудного сырья будет характеризоваться более высоким фиброгенным действием, если содержание кремния диоксида в ней составит 10–70 %, при этом $ПДК_{сс}$ будет соответствовать 2 мг/м^3. Рудничная пыль с массовой долей кремния диоксид 2–10 % имеет слабовыраженное фиброгенное действие и $ПДК_{сс}$ будет равно 4 мг/м^3.

Обязательному лабораторному контролю подлежат оксиды азота и углерода, акролеин, дигидросульфид, формальдегид, которые могут поступать в воздух рабочей зоны при взрывных работах и применении машин с двигателями внутреннего сгорания в горизонтах подземных участков, закрытых помещениях, на площадках и так далее.

В отделениях флотации и приготовления реагентов, используемых в технологическом процессе выделения и обогащения, в воздух рабочей зоны могут поступать гидроцианид (цианистая кислота), дисульфид углерода, известняк, а также другие химические соединения в зависимости от применяемого флотационного реагента.

Периодичность контроля вредных веществ должна устанавливаться, исходя из класса опасности и особенностей воздействия вредных химических соединений на организм работника, с учетом эффекта суммации. При наличии в воздухе рабочей зоны комбинации вредных веществ периодичность должна определяться по наиболее опасному или преобладающему химическому соединению.

Только правильно организованный производственный контроль может дать объективную характеристику гигиенической ситуации на производстве.

Результаты реализованного производственного контроля за условиями труда в полном объеме могут быть использованы работодателем для разработки мероприятий по улучшению условий труда с целью снижения рисков для здоровья работников.

Список литературы

1. Бухтияров И.В., Чеботарёв А.Г. Гигиенические проблемы улучшения условий труда на горнодобывающих предприятиях // Горная промышленность. – 2018. – № 5 (141). – С. 33–35. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-5-141-33-35

2. Гендлер С.Г. Особенности оценки риска профзаболеваний и производственного травматизма в горнодобывающих отраслях северных районов России // Известия Тульского государственного университета. Наука о Земле. – 2019. – № 4. – С. 54–63.

3. Кирьяков В.А., Сухова А.В. Профессиональный риск болезней костно-мышечной системы у рабочих горно-обогатительных комбинатов // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 9. – С. 68.

4. Профессиональная нейросенсорная тугоухость у работников производств по добыче и обогащению медных руд Республики Башкортостан / Э.Р. Шайхлисламова, Г.Г. Гимранова, Э.Т. Валеева, Г.М. Чудновец, А.Д. Волгарева, Н.С. Кондрова // Гигиена, профпатология и риски здоровью населения: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием, 5–6 октября 2016 г., Уфа. – Уфа, 2016. – С. 578–583.

5. Профессиональная патология нервной системы у горнорабочих / В.А. Кирьяков, А.В. Жеглова, Л.М. Сааркоппель, А.В. Сухова. – М., 2015. – 224 с.

6. Профессиональная патология у работников предприятия по добыче и переработке медных руд Республики Башкортостан / Э.Р. Шайхлисламова, Л.К. Каримова, Э.Т. Валеева, Н.С. Кондрова, Р.Р. Галимова // Санитарный врач. – 2016. – № 9. – С. 11–15.

7. Сюрин С.А. Условия труда и профессиональная патология на предприятиях Чукотского автономного округа // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 4. – С. 98–105.

8. Чеботарев А.Г. Гигиеническая оценка шума и вибрации, воздействующих на работников горных предприятий // Горная промышленность. – 2020. – № 1. – С. 148–153.

9. Чеботарев А.Г. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости работников горнодобывающих предприятий // Горная промышленность. – 2018. – № 1 (137). – С. 92–95. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-1-137-92-95

Метод выявления нежелательных примесей в биологически активных пищевых добавках с помощью жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией высокого разрешения

Нгуен Тхи Хонг Нгок, Буй Цао Тьен, Нгуен Ха Тхань, Тран Цао Сон, Ле Тхи Хонг Хао

Национальный институт контроля за продуктами питания, г. Ханой, Вьетнам

Нежелательные примеси в биологически активных пищевых добавках всегда вызывали беспокойство при проверке на наличие неизвестных веществ. Любые фармацевтические препараты могут быть потенциально незаконно подмешаны в биологически активные пищевые добавки. Согласно последним документам Управления по контролю за продуктами питания и лекарственными препаратами, можно выделить три основные группы: препараты для улучшения сексуальной функции (ингибитор фосфодиэстеразы типа 5 (PDE-5i), гормоны…), препараты для снижения веса (сибутрамин и его производные, фенолфталеин…) и препараты для повышения физической активности (дофамин, глюкокортикоиды, нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП). Кроме того, существуют и другие группы фармацевтических препаратов, например, регулирующие уровень сахара в крови, регулирующие сердечную деятельность, снимающие кашель, успокаивающие, обезболивающие, снимающие аллергию и повышающие аппетит, которые могут быть использованы в качестве нежелательных примесей. Часто их добавляли в препараты без указания на этикетке. С другой стороны, они могли быть преобразованы в их производные, обладающие тем же или усиленным действием и неизвестными побочными эффектами. Такие препараты, продаваемые без рецепта, несли в себе множество потенциальных рисков для здоровья потребителей. Жидкостная хроматография, совмещенная с тандемным масс-спектрометром высокого разрешения, может решить эту проблему благодаря своему применению: идентификации как известных, так и неизвестных веществ. Валидация метода соответствовала требованиям Ассоциации химиков-аналитиков и аккредитации по стандарту ИСО/МЭК 17025. Результаты проведенного в 2021 г. надзорного анализа выявили 25 нежелательных примесей в 518 биологически активных добавках в различных дозировках. Этот результат был предоставлен регулирующим органам для предупреждения потребителей.

Ключевые слова: нежелательные примеси, биологические пищевые добавки, жидкостная хроматография, масс-спектрометрия высокого разрешения, целевой скрининг, безопасность пищевых продуктов.

Выбор показателей для оценки эффективности и результативности надзора за пищевой продукцией

Н.В. Никифорова

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

До 2021 г. объектами контрольно-надзорной деятельности являлись хозяйствующие субъекты и их деятельность. Большинство показателей эффективности и результативности деятельности Роспотребнадзора разработаны исходя из данных объектов надзора. Введение в 2021 г. в качестве объекта надзора продукции актуализировало необходимость разработки показателей эффективности и результативности надзора за ней. Анализ существующего законодательства позволил установить, что все ключевые показатели результативности санитарно-эпидемиологического надзора за всеми объектами надзора характеризуют предотвращение вреда (ущерба) здоровью от воздействия микробиологических и паразитарных агентов, тогда как надзор, помимо вышеперечисленных факторов, охватывает большое количество воздействий на человека, например таких, как химические примеси, условия труда, обучения и пр. В утвержденных индикативных показателях имеются показатели, характеризующие эффективность мероприятий, проводимых в отношении объектов надзора – параметров природных объектов окружающей среды (атмосферного воздуха, вод, почвы, недр), но в перечне отсутствует пищевая продукция.

На основании анализа уже разработанных показателей эффективности и результативности деятельности Роспотребнадзора предложены следующие виды индикативных показателей по оценке результативности контроля безопасности пищевой продукции: класса В2 (25 показателей: такие как количество проб продукции, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям, выявленных в ходе контрольно-надзорных мероприятий с применением лабораторных методов исследований и пр.), В3 (семь показателей: такие как общее количество проб продукции, исследованных в лабораторных условиях и пр.), В4 (один показатель – объем финансовых средств, выделяемых в отчетном периоде из бюджетов всех уровней на выполнение лабораторных анализов качества и безопасности продукции).

Ключевые слова: надзор, эффективность и результативность, ключевые показатели, индикативные показатели, пищевая продукция.

Одним из приоритетных направлений повышения эффективности государственного управления является внедрение риск-ориентированного подхода в деятельность контрольно-надзорных органов. Использование такого подхода позволяет оптимизировать использование трудовых, материальных и финансовых ресурсов, затрачиваемых на проведение государственного контроля (надзора), снижать издержки юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и повышать результативность деятельности органов власти.

Деятельность надзорных органов должна быть результативной, что закреплено в Федеральном законе от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» (п. 2). Кроме того,

законодательство закрепляет необходимость разработки и презентации надзорными органами ключевых показателей эффективности и результативности своей деятельности. На данный момент Роспотребнадзором разработаны и утверждены основные показатели оценки результативности и эффективности надзора за хозяйствующими субъектами. Вместе с тем утверждение в июне 2021 г. Положения о «О федеральном государственном санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре)» закрепило в качестве объекта надзора продукцию, таким образом актуализировав необходимость разработки показателей эффективности и результативности при контроле за данным объектом надзора, включая анализ результативности и эффективности лабораторного контроля за продукцией.

Целью исследования являлся анализ законодательства Российской Федерации по вопросам оценки эффективности и результативности деятельности контрольных (надзорных) органов, в том числе Роспотребнадзора. Выбор возможных показателей оценки эффективности и результативности надзора за пищевой продукцией.

Материалы и методы. Основным методом исследования являлись общенаучные методы исследования – анализ нормативно-правовых документов, проведение аналогий.

Объектом исследования явилось законодательство Российской Федерации по вопросам оценки эффективности и результативности деятельности контрольных (надзорных) органов в целом и в частности Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей.

Результаты. Исходя из положения, что деятельность надзорных органов должна быть результативной, федеральным законодательством разработана и утверждена система показателей результативности и эффективности деятельности контрольных (надзорных) органов [1]. Такая система включает:

– ключевые показатели видов контроля, отражающие уровень минимизации вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям; уровень устранения риска причинения вреда (ущерба) в соответствующей сфере деятельности, по которым устанавливаются целевые (плановые) значения и достижение которых должен обеспечить соответствующий контрольный (надзорный) орган;

– индикативные показатели видов контроля, применяемые для мониторинга контрольной (надзорной) деятельности, ее анализа, выявления проблем, возникающих при ее осуществлении, и определения причин их возникновения, характеризующих соотношение между степенью устранения риска причинения вреда (ущерба) и объемом трудовых, материальных и финансовых ресурсов, а также уровень вмешательства в деятельность контролируемых лиц.

«Ключевые показатели вида контроля и их целевые значения для видов федерального государственного контроля (надзора) утверждаются положением о виде контроля». В качестве ключевых показателей вида контроля не используются, например, такие показатели, как:

– количество проведенных профилактических мероприятий и контрольных (надзорных) мероприятий;

– количество выявленных нарушений;

– количество контролируемых лиц, привлеченных к ответственности;

– количество и размер штрафов, наложенных на контролируемых лиц в соответствии с Кодексом Российской Федерации об административных правонаруше-

ниях, законами субъектов Российской Федерации об административной ответственности.

Минэкономразвития России разработало базовую модель оценки результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности [5]. Модель содержит методологический инструментарий, который может быть использован контрольными ведомствами для определения перечня показателей, характеризующих эффективность проводимых контрольно-надзорных мероприятий.

В Распоряжении Правительства Российской Федерации от 17 мая 2016 г. № 934-р «Основные направления разработки и внедрения системы оценки результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности» даны определения результативности и эффективности государственного контроля (надзора) и муниципального контроля:

– «результативность государственного контроля (надзора) и муниципального контроля – степень достижения общественно значимых результатов государственного контроля (надзора) и муниципального контроля, выражающихся в минимизации причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям в соответствующей сфере деятельности»;

– «эффективность государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» – степень устранения риска причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям с учетом используемого объема трудовых, материальных и финансовых ресурсов, а также уровня вмешательства в деятельность граждан и организаций».

Также в документе даны определения ключевых (показатели группы «А») и индикативных показателей (показатели группы «Б») оценки результативности и эффективности контроля. Показатели группы «А» отражают существующий и целевой уровни безопасности охраняемых законом ценностей в подконтрольных (поднадзорных) сферах. Показатели группы «Б» отражают, в какой степени достигнутый уровень результативности контрольно-надзорной деятельности органа исполнительной власти соответствует бюджетным затратам на ее осуществление, а также издержкам, понесенным подконтрольными субъектами. Показатели группы «В» – это индикативные показатели, характеризующие различные аспекты контрольно-надзорной деятельности, – подразделяются на следующие подгруппы:

«В.1» – индикативные показатели, характеризующие непосредственное состояние подконтрольной сферы, а также негативные явления, на устранение которых направлена контрольно-надзорная деятельность;

«В.2» – индикативные показатели, характеризующие качество проводимых мероприятий в части их направленности на устранение потенциального вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям;

«В.3» – индикативные показатели, характеризующие параметры проведенных мероприятий, направленных на осуществление контрольно-надзорной деятельности, предназначенные для учета характеристик таких мероприятий;

«В.4» – индикативные показатели, характеризующие объем задействованных трудовых, материальных и финансовых ресурсов, предназначенные для учета объема затраченных ресурсов и расчета иных показателей контрольно-надзорной деятельности».

На основании Распоряжения Правительства от 17 мая 2016 г. № 934-р был сформирован перечень ключевых и индикативных показателей контрольно-надзор-

ной деятельности федеральных органов исполнительной власти, который был закреплен распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 апреля 2018 г. № 788-р. В Распоряжении приведены ключевые показатели результативности Роспотребнадзора в области надзора за защитой прав потребителей и санитарно-эпидемиологического надзора. Показатели результативности относятся к индикативным показателям групп «А1» и «А2».

К показателям группы «А1» (показатели, характеризующие различную степень вреда (ущерба), причиненного жизни и здоровью граждан) относятся:

– количество людей, заболевших инфекционными болезнями, за исключением хронических гепатитов, укусов, ослюнения животными, туберкулеза, сифилиса, гонококковой инфекции, ВИЧ-инфекции, острой респираторной вирусной инфекции, гриппа, пневмоний, на 100 тыс. населения;

– количество людей, заболевших паразитарными болезнями, на 100 тыс. населения;

– количество людей, пострадавших при пищевых отравлениях, за исключением бытовых пищевых отравлений, на 100 тыс. населения;

– количество людей, погибших при пищевых отравлениях, за исключением бытовых пищевых отравлений, на 100 тыс. населения.

К показателям группы «А2» (показатели, характеризующие материальный ущерб, причиненный гражданам, организациям и государству (млн руб.):

– материальный ущерб, причиненный в результате нарушения обязательных требований в области защиты прав потребителей, на валовый внутренний продукт Российской Федерации.

Все показатели группы «А1» характеризуют эффективность санитарно-эпидемиологического надзора как за соблюдением хозяйствующими субъектами санитарно-эпидемиологических требований, так и соблюдением обязательных требований в области качества и безопасности пищевой продукции и других предметов надзора.

При этом показатели результативности санитарно-эпидемиологического надзора характеризуют предотвращение вреда (ущерба) здоровью от воздействия микробиологических и паразитарных агентов, тогда как надзор, помимо вышеперечисленных факторов риска, охватывает большое количество воздействий на человека, например, таких как химические примеси, условия труда, обучения и пр.

Направленность ключевых показателей на микробное и паразитарное воздействие, вероятно, обусловлено тем, что при развитии инфекционной патологии и отравлении достаточно просто установить причину развития заболевания/отравления и доказать связь между воздействием и развитием негативных эффектов со стороны здоровья (ущерба здоровью). Тогда как связь между воздействием факторов неинфекционной природы и формированием неинфекционной патологии, обострением уже существующей хронической патологии, развитием функциональных нарушений в организме доказать сложнее.

Таким образом, необходима разработка ключевых показателей, характеризующих различную степень вреда (ущерба), причиненного жизни и здоровью граждан воздействием факторов неинфекционной природы, в том числе и присутствующих в продуктах питания. Для разработки таких показателей требуется проведение дополнительных исследований.

Что касается индикативных показателей, то перечень как индикативных, так и ключевых показателей результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора, приведен в приказе Роспотребнадзора от 31.10.2017 г. № 1044 [4].

К индикативным показателям класса «В1», которые характеризуют непосредственное состояние подконтрольной сферы, а также негативные явления, на устранение которых направлена контрольно-надзорная деятельность, относятся такие показатели как число случаев заболеваний полиомиелитом, вызванным диким полиовирусом, острым гепатитом В, корью, дифтерией, краснухой. Данный перечень, также как и ключевые показатели, не включает показатели неинфекционной патологии, которая может быть вероятностно обусловлена воздействием факторов подконтрольной среды.

К индикативным показателям класса «В2», которые характеризуют качество проводимых мероприятий в части их направленности на устранение потенциального вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям, относятся такие показатели, как, например: количество проведенных надзорных мероприятий, количество проверенных субъектов, объектов; количество субъектов, допустивших нарушения, в результате которых причинен ущерб или его угроза, выявленная в результате контрольно-надзорной деятельности, доля субъектов в которых устранены эти нарушения; количество объектов чрезвычайно высокого, высокого, значительного, среднего, умеренного, низкого риска; доля объектов государственного надзора, на которых выявлены нарушения обязательных требований различной степени тяжести и пр.

К индикативным показателям класса «В3», характеризующим параметры проведенных мероприятий, относятся такие показатели, как: общее количество проведенных проверок; плановых внеплановых на объектах различной категории риска, доля плановых проверок, проведенных по фактам нарушений обязательных требований, с которым связано причинения вреда, доля проверок, на результаты которых поданы жалобы, доля штрафов, сумма уплаченных штрафов, количество проведенных профилактических мероприятий, и пр.

К индикативным показателям класса «В4», характеризующим объем задействованных трудовых, материальных и финансовых ресурсов, относятся: объем финансовых средств, выделяемых в отчетном периоде из бюджетов всех уровней на выполнение функций по контролю; количество штатных единиц, количество специалистов, прошедших в последние три года программы переобучения и повышения квалификации, количество и доля объектов государственного надзора, отнесенные к категориям разных уровней риска и пр.

До 2021 г. объектами контрольно-надзорной деятельности являлись хозяйствующие субъекты и их деятельность, поэтому на данном этапе большинство показателей эффективности и результативности разработаны только для вышеперечисленных объектов надзора.

В 2021 г. Постановлением Правительства Российской Федерации было утверждено Положение о федеральном государственном санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре) [3]. В положении объектом надзора, помимо деятельности контролируемых лиц, зданий сооружений, объектов и территорий и пр., которыми владеют объекты надзора, является также продукция, к которой предъявляются обязательные требования. Таким образом, необходимым является раз-

работка показателей результативности контроля (надзора) за безопасностью продукции.

При этом, например, одним из показателей класса «В3» является показатель «В3.10.1.6»: «количество исследований и измерений параметров природных объектов окружающей среды (атмосферного воздуха, вод, почвы, недр) при осуществлении социально-гигиенического мониторинга». В рамках данного показателя оценивается количество лабораторных исследований, измерений объектов окружающей среды. Объекты перечислены в скобках, такой объект, как пищевая продукция, не указан. Тогда как в рамках социально-гигиенического мониторинга производится сбор показателей о содержании контаминантов в продовольственном сырье и продуктах питания в соответствии с Приказом Роспотребнадзора от 30 декабря 2005 г. № 810 «О Перечне показателей и данных для формирования Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга» [2]. Таким образом, одним из индикативных показателей результативности и эффективности лабораторного контроля пищевой продукции мог бы стать показатель «количество лабораторных исследований пищевой продукции в рамках социально-гигиенического мониторинга», но на существующее положение такой показатель не внедрен, и не входит в состав обобщенного показателя («В3.10.1.6»).

В разделе показателей класса «В4» представлен такой показатель, как «объем финансовых средств, выделяемых в отчетном периоде из бюджетов всех уровней на выполнение функций по контролю (надзору) и осуществлению разрешительной деятельности (выдача разрешений, лицензий) …, в том числе расходов на проведение лабораторных анализов» («В4.1»). В рамках данного показателя учитываются расходы на проведение лабораторных анализов, но без разграничения объектов контроля (надзора). Таким образом, одним из индикативных показателей результативности и эффективности лабораторного контроля пищевой продукции мог бы стать показатель «объем финансовых средств, выделяемых в отчетном периоде из бюджетов всех уровней на выполнение функций по контролю (надзору) за качеством и безопасностью пищевой продукции».

Анализ зарубежной литературы показал, что несоответствие продукции санитарно-эпидемиологическим требованиям может рассматриваться как индикатор эффективности контроля [6].

Исходя из существующего перечня индикативных показателей для осуществления федерального государственного санитарно-эпидемиологического надзора для надзора за соблюдением обязательных требований в области качества и безопасности пищевой продукции (а также лабораторного контроля), можно предложить следующие виды индикативных показателей класса «В»:

1. Индикативные показатели класса «В2»:

– количество проб продукции, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям, выявленных в ходе контрольно-надзорных мероприятий с применением лабораторных методов исследований (абс.);

– количество проб продукции чрезвычайного высокого риска / высокого риска / значительного риска / среднего риска / умеренного риска / низкого риска, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям, выявленных в ходе контрольно-надзорных мероприятий с применением лабораторных методов исследований (абс.);

– доля проб продукции чрезвычайного высокого риска / высокого риска / значительного риска / среднего риска / умеренного риска / низкого риска, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям, выявленных в ходе контрольно-надзорных мероприятий с применением лабораторных методов исследований (%);

– количество категорий пищевой продукции (категорий в соответствии с перечнем продукции в формах отраслевой статистической отчетности), относящихся к категории чрезвычайного высокого риска / высокого риска / значительного риска / среднего риска / умеренного риска / низкого риска (абс.);

– доля категорий пищевой продукции (категорий в соответствии с перечнем продукции в формах отраслевой статистической отчетности), относящихся к категории чрезвычайного высокого риска / высокого риска / значительного риска / среднего риска / умеренного риска / низкого риска (%).

2. Индикативные показатели класса «В3»:

– общее количество проб продукции, исследованных в лабораторных условиях (абс.);

– общее количество проб продукции чрезвычайного высокого риска / высокого риска / значительного риска / среднего риска / умеренного риска / низкого риска исследованных в лабораторных условиях (абс.)

3. Индикативные показатели класса «В4»:

– объем финансовых средств, выделяемых в отчетном периоде из бюджетов всех уровней на выполнение лабораторных анализов качества и безопасности продукции (тыс. руб.).

Выводы. Таким образом, анализ законодательства Российской Федерации по вопросам оценки эффективности и результативности деятельности Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей показал, что ключевые показатели, характеризующие различную степень вреда (ущерба), причиненного жизни и здоровью граждан (показатели «А1»), являются комплексными и характеризуют результативность контроля не только за соблюдением хозяйствующими субъектами санитарно-эпидемиологических требований, но и за соблюдением обязательных требований в области качества и безопасности пищевой продукции. При этом показатели характеризуют предотвращение вреда (ущерба) здоровью от воздействия микробиологических и паразитарных агентов, тогда как надзор, помимо вышеперечисленных факторов риска, охватывает большое количество воздействий на человека, например, таких, как химические примеси, условия труда, обучения и пр. Необходима разработка ключевых показателей, характеризующих различную степень вреда (ущерба), причиненного жизни и здоровью граждан воздействием факторов неинфекционной природы, в том числе и присутствующих в продуктах питания. Для разработки таких показателей требуется проведение дополнительных исследований.

Введение в 2021 г. в качестве объекта контрольно-надзорных мероприятий продукции актуализировало необходимость разработки показателей эффективности и результативности надзора за ней, в том числе показателей результативности лабораторного контроля. На текущей момент в утвержденных индикативных показателях представлены показатели, характеризующие эффективность мероприятий, проводимых в отношении параметров природных объектов окружающей среды (атмосферного воздуха, вод, почвы, недр), но в перечне отсутствует пищевая продукция.

На основании анализа нормативно-правовых документов и проведения аналогий с уже разработанными показателями эффективности и результативности деятельности Роспотребнадзора предложены следующие виды индикативных показателей по оценке результативности контроля безопасности пищевой продукции: класса «В2» (25 показателей), «В3» (семь показателей), «В4» (один показатель).

Список литературы

1. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации: Федеральный закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358750/ (дата обращения: 16.03.2022).

2. О Перечне показателей и данных для формирования Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга: Приказ Роспотребнадзора от 30 декабря 2005 года № 810 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https: //docs.cntd.ru/document/901965001 (дата обращения: 16.03.2022).

3. О федеральном государственном санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре): Постановление Правительства Российской Федерации от 30 июня 2021 г. № 1100 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/607148291 (дата обращения: 16.03.2022).

4. Об утверждении показателей результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и ее территориальных органов: Приказ Роспотребнадзора от 31.10.2017 г. № 1044 [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/deyatelnost/org/?ELEMENT_ID=9540 (дата обращения: 16.03.2022).

5. Основные направления разработки и внедрения системы оценки результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности: Распоряжение Правительства от 17 мая 2016 года № 934-р [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https: //docs.cntd.ru/document/420355412 (дата обращения: 16.03.2022).

6. Non-compliances - an indicator of food control effectiveness / Christian Berking, Ivar Vågsholm, Lisa-Marie Hedberg, Sölvi Sörgjerd and Rauni Niskanen // Infection ecology & Epidemiology. – 2019. – Vol. 1599276. DOI: 10.1080/20008686.2019.1599276

Оценка содержания бензола в пищевых продуктах, содержащих бензоатные соли и аскорбиновую кислоту

Ле Тхи Хонг Хао[1], Ву Тхи Транг[1], Нгуен Нху Туонг[1], Луу Тхи Хуэйен Транг[1], Ле Вьет Нган[1], Ле Динь Хай[1], Нгуен Тхи Фуонг Тао[1, 2], Ле Тхи Туй[1]

[1] Национальный институт контроля за продуктами питания,
[2] Ханойский научный университет, Вьетнамский национальный университет,
г. Ханой, Вьетнам

Бензоаты и аскорбиновая кислота широко используются в качестве консервантов и антиоксидантов в пищевых продуктах. Соли бензоата и аскорбиновая кислота были одобрены Управлением по надзору за качеством пищевых продуктов и лекарственных средств как безопасные и разрешены к добавлению в пищевые продукты в концентрациях до 0,1 и 0,2 % соответственно. Кроме того, некоторые продукты питания сами по себе также содержат аскорбиновую кислоту или бензойную кислоту, например клюква, содержание бензойной кислоты в которой составляет 4,1–478,4 мг/кг. В 1993 г. Гарднер и Лоуренс обнаружили, что бензол образуется из бензоата и аскорбиновой кислоты. Бензоат расщепляется под воздействием свободных гидроксильных радикалов с образованием бензола в среде с низким pH, при высокой температуре и катализе ионов некоторых переходных металлов. Безалкогольные напитки, соус чили или фруктовый джем – это продукты, в которые часто добавляют бензоатные соли, аскорбиновую кислоту, и эти продукты часто имеют кислый pH, поэтому существует риск образования бензола во время обработки и хранения. Международное агентство по изучению рака (МАИР) отнесло бензол к 1-й группе канцерогенов для человека. В настоящее время не установлено никаких нормативных ограничений на содержание бензола в продуктах питания или напитках. Предельное содержание бензола в воде регулируется Всемирной организацией здравоохранения на уровне 10 мкг/л, Агентством по охране окружающей среды США – на уровне 5 мкг/л, и Европейским агентством по охране окружающей среды – на уровне 1 мкг/л.

В исследовании представлена оценка содержания бензола в образцах пищевых продуктов с использованием метода газовой хроматографии-масс-спектрометрии (ГХ-МС). Метод был оптимизирован и валидирован, предел обнаружения и предел количественного определения составили 0,05 и 0,15 мкг/кг соответственно, восстановление от 86,6 до 110,9 % и воспроизводимость от 4,0 до 7,2 %. Метод был применен для оценки содержания бензола в 120 образцах пищевых продуктов, продаваемых во Вьетнаме, включая напитки, фруктовые соки, нектар, джем, кетчуп, соус чили. Результаты показали, что бензол был обнаружен в 27,5 % (33/120) образцов. 26 из 120 образцов содержали бензол в диапазоне 0,05–1,0 мкг/кг/л, включая 7 из 40 образцов фруктового сока и нектара; 7 из 40 образцов напитков; 4 из 15 образцов джема; 3 из 10 образцов кетчупа и 5 из 15 образцов соуса чили. Бензол был обнаружен в 5 из 120 образцах с содержанием 1–10 мкг/кг/л, включая 2 из 40 образцов напитков; 2 из 15 образцов кетчупа и один из 15 образцов соуса чили. 2 из 15 образцов соуса чили содержали бензол в диапазоне 15,2–109,7 мкг/кг. Большинство образцов содержали бензол, обнаруженный в продуктах, содержащих бензоат натрия, а также в некоторых продуктах неизвестного происхождения.

Ключевые слова: пищевые продукты, бензол, бензоатные соли, аскорбиновая кислота, метод газовой хроматографии-масс-спектрометрии.

Совершенствование методических подходов к применению модельных сред при тестировании пищевой алюминиевой фольги

П.З. Шур, С.В. Редько, Т.С. Уланова, Е.В. Стенно, Г.А. Вейхман

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

Актуальность исследования обусловлена широким распространением пищевой алюминиевой фольги на потребительском рынке и активным ее применением в бытовых условиях. Вместе с тем пищевая фольга может служить источником поступления алюминия в организм человека, при этом безопасность алюминия для здоровья при его хроническом потреблении изучена недостаточно. В этой связи актуальным является изучение соответствия методик и модельных сред, применяемых для тестирования в целом всей пищевой упаковки, задачам тестирования алюминиевой фольги.

Применен метод изучения и критического анализа отечественной и зарубежной нормативной базы, а также релевантных научных источников в отношении методических подходов к изучению уровня содержания алюминия в продуктах питания и модельных средах при тестировании пищевой алюминиевой фольги. Выполнен эксперимент по изучению уровней содержания алюминия в модельных средах и непосредственно в продуктах питания при тестировании пищевой алюминиевой фольги. Установлено, что регламентированные модельные среды и методики не в полной мере учитывают особенности применения пищевой алюминиевой фольги в быту. Целесообразна разработка специальной методики тестирования алюминиевой фольги для бытовых целей с описанием температурно-временных режимов и условий имитации процесса запекания пищевых продуктов.

Ключевые слова: пищевая алюминиевая фольга, модельные среды.

В настоящее время наиболее востребованным упаковочным материалом является алюминиевая фольга. Известно, что уровень поступления алюминия в организм человека с продуктами питания невысокий, однако, по мнению международных экспертов, риски для здоровья при хроническом поступлении этого элемента в организм человека недостаточно изучены, поэтому поступление алюминия с пищей потенциально небезопасно для здоровья [4, 5]. Уровень миграции алюминия из пищевой упаковки и его содержание в продуктах питания или модельных средах, имитирующих таковые, зависит от нескольких факторов: продолжительность времени контакта, химический состав продукции и др. Кроме того, увеличение температуры кулинарной обработки повышает уровень миграции, а значит чрезмерное потребление продуктов, запеченных в алюминиевой фольге, представляет определенный риск для здоровья [2, 6].

В странах-членах Таможенного союза безопасность жизни и здоровья потребителей при использовании алюминиевой фольги в качестве упаковки пищевой продукции обеспечивается положениями ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» (ТР ТС 005/2011). В то же время перечень модельных сред, изложенных в этом

документе, не учитывает особенностей тестирования алюминиевой фольги в качестве пищевой упаковки и не отражает необходимости особых температурно-временных режимов тестирования фольги, хотя запекание в фольге как способ кулинарной обработки достаточно распространен [7].

В России для идентификации и количественных характеристик присутствия алюминия в продуктах питания или модельных средах используется совокупность методов санитарно-химического анализа с привлечением зарубежных регулирующих источников и российской инструктивно-методической документации, которая, однако, не содержит специальных указаний для тестирования алюминиевой фольги: ТР ТС 005/2011, инструкция 2.3.3.10-15-64-2005 «Санитарно-химические исследования изделий, изготовленных из полимерных и других синтетических материалов, контактирующих с пищевыми продуктами» и др. В связи с этим построение системы мониторинга безопасности пищевой продукции, сырья и упаковки при определении запрещенных и ненормируемых веществ невозможно без внедрения современных, усовершенствованных химико-аналитических средств и требует строжайшего контроля чистоты лабораторных исследований [1].

Цель исследования – совершенствование методических подходов к применению модельных сред при тестировании пищевой алюминиевой фольги.

Материалы и методы. Применен метод изучения и критического анализа инструктивно-методической базы, а также релевантных научных источников в отношении методических подходов к изучению уровня содержания алюминия в продуктах питания и модельных средах при тестировании пищевой алюминиевой фольги. Объектами исследования являлись 85 проб модельных сред, 115 проб продуктов; выполнен анализ 464 экспериментальных образцов.

Изучение выделения химических веществ из упаковки в реальные пищевые продукты не всегда осуществимо, поэтому на первом этапе эксперимента уровень содержания алюминия при выделении из пищевой упаковки осуществляли на модельных средах, которые обладают определенными общими характеристиками с одним или несколькими типами пищевых продуктов. Для решения проблемы адекватности применения модельных сред, рекомендованных ТР ТС 005/2011, для тестирования алюминиевой фольги эксперимент проведен с применением перечня модельных сред: дистиллированная вода, 10,0%-ный этиловый спирт, 3,0%-ный раствор уксусной кислоты, 0,3%-ный раствор молочной кислоты, 3,0%-ный раствор молочной кислоты, 2,0%-ный раствор лимонной кислоты, 5,0%-ный раствор поваренной соли, масло подсолнечное нерафинированное, 2,0%-ный раствор уксусной кислоты, содержащей 2,0 % поваренной соли.

Измерение содержания алюминия в растворах модельных сред осуществляли после контакта с фольгой и без фольги. Содержание алюминия в модельной среде определяли как разницу между этими пробами, выраженную в мг/дм^3 (мг/л). Поскольку миграция алюминия, предположительно, осуществляется с обеих поверхностей образца, полученный уровень содержания алюминия считали целесообразным делить на 2. Для эксперимента использовали образцы алюминиевой фольги толщиной 0,009 мм из алюминиевого сплава 8011.

Измерение содержания алюминия проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с октопольной ячейкой на масс-спектрометре Agilent 7500cx с применением внутреннего стандарта ^{72}Ge. Образцы фольги площадью 20 см^2 (4×5 см) выдерживали в 10 см^3 модельной среды. Для учета миграции

алюминия в пищевой продукт образец продукта помещали в фольгу размером 15×15 см, соблюдая аналогичное соотношение к площади пищевого продукта 2:1.

При использовании в качестве модельной среды дистиллированной воды выполняли прямое определение без пробоподготовки. Погрешность определения содержания алюминия в пробах других модельных сред рассчитана по результатам измерения аттестованных растворов стандартного образца с концентрацией алюминия 0,01 мг/дм^3. В качестве исходного раствора использовали ГСО 7758-2000 с концентрацией ионов алюминия 1,0 г/дм^3. В эксперименте, предполагающем нагревание образца, условия заключались в следующем: раствор нагревали, затем этим раствором заливали образец фольги и выдерживали при комнатной температуре в течение регламентированного времени. Уровень содержания алюминия в продуктах рассчитывали как разницу между пробами, контактировавшими с фольгой и пробами без контакта, выраженную в мг/кг. Проверка правильности результатов измерений проводилась с использованием стандартных образцов с матрицей пищевых продуктов. Для оценки достоверности полученных результатов применяли *t*-критерий Стьюдента, статистически значимыми считали различия при уровне $p \leq 0{,}05$. Обработку результатов исследований осуществляли с применением статистических методов (Statistica 6.0).

Результаты. В ходе эксперимента по изучению уровней содержания алюминия в модельных средах установили, что оптимальным является соотношение аналитического образца фольги площадью 4×5 см^2 к объему модельной среды (в см^3) как 2:1. По результатам эксперимента установлено, что концентрация алюминия в дистиллированной воде после экспозиции фольги от 2 ч до 3 сут при различных температурных режимах от 9 ° до 100 °С составила от 0,024 ± 0,004 до 0,031 ± 0,005 мг/дм^3. Равнозначные результаты получены при тестировании фольги с некоторыми другими модельными средами – 10,0%-ный этиловый спирт, 5,0%-ный раствор поваренной соли, масло подсолнечное нерафинированное. Концентрация алюминия при испытании фольги с 2,0%-ный раствором лимонной кислоты и с 5,0%-ный раствором поваренной соли при нагревании до 80 °С составила 0,526 ± 0,105 и 0,543 ± 0,109 мг/дм^3 соответственно. Содержание алюминия в модельных средах с уксусной, молочной, лимонной кислотами, а также с 2,0%-ный раствором уксусной кислоты, содержащим 2,0 % поваренной соли, оказалось достоверно выше, чем в других модельных средах ($p \leq 0{,}05$).

Для исследования уровней содержания алюминия непосредственно в пищевых продуктах при тестировании алюминиевой фольги отобраны образцы продукции мясной, молочной, рыбной промышленности, а также растениеводства, подвергавшиеся в ходе эксперимента температурной обработке в виде запекания. Во всех пищевых продуктах после экспозиции при определенных температурно-временных параметрах (3 сут и +9 °С, 3 сут и +23 °С) до контакта с фольгой выявлено содержание алюминия, по-видимому, включающее естественное природное содержание алюминия в продуктах.

В отечественной инструктивно-методической документации отсутствуют указания на необходимость тестировать алюминиевую фольгу с применением температурных режимов, имитирующих процесс запекания. В связи с этим проведены экспериментальные исследования пищевых продуктов в условиях, имитирующих процесс запекания в фольге, и в результате установлено, что в 85,7 % проб наблюдалось повышенное, по сравнению с исходным (без контакта с фольгой), содержание алюминия.

Для оценки результатов эксперимента путем сопоставления значения концентрации алюминия в модельной среде и уровня содержания алюминия в пищевом продукте рассчитан уровень содержания алюминия в модельных средах и пищевых продуктах, высвобождаемого с 1 см^2 алюминиевой фольги. Установлено, что уровень содержания алюминия, высвобождаемого с 1 см^2 алюминиевой фольги, контактирующей с пищевым продуктом или модельной средой, в пробах продуктов, в том числе после запекания, ниже, чем концентрация алюминия в большинстве модельных сред (0,3%-ный раствор молочной кислоты, 5,0%-ный раствор поваренной соли, 3,0%-ный раствор молочной кислоты, 2,0%-ный раствор лимонной кислоты, 10,0%-ный этиловый спирт) и сопоставима с концентрацией алюминия в дистиллированной воде и нерафинированном подсолнечном масле. Следует отметить, что в условиях проведенного эксперимента не происходило визуальных изменений (разрушение, коррозия) образцов фольги.

Сравнительная оценка результатов эксперимента тестирования фольги с модельными средами и пищевыми продуктами показала, что для тестирования алюминиевой фольги оптимальной модельной средой является дистиллированная вода, поскольку уровень алюминия в дистиллированной воде наиболее близок по значению уровню содержания алюминия в подавляющем большинстве исследованных пищевых продуктов. Доказано, что воздействие повышенных температур при запекании в фольге пищевого продукта с повышенной кислотностью способствует увеличению уровня содержания алюминия в пищевом продукте, что согласуется с данными ряда исследователей [3, 8].

Установлено, что для тестирования фольги применяется совокупность методик, в которых не приведены указания, что эксперимент по выявлению миграции алюминия в модельные среды должен проводиться в условиях «чистой комнаты», а также унифицированные требования к пробоподготовке и степени очистки дистиллированной воды, используемой для проведения эксперимента; отсутствует указание на необходимость проведения «холостого опыта» и использования в эксперименте контрольного образца с аттестованным содержанием алюминия; стандартизированные требования к площади аналитического образца и количеству модельной среды.

Выводы. Совокупность методик, применяемых для санитарно-химических исследований, контактирующих с пищевыми продуктами, оправданно используется и для тестирования алюминиевой фольги бытового назначения в качестве упаковки продуктов питания. Вместе с тем, анализ методических подходов к тестированию миграции алюминия из фольги в пищевые продукты и собственные экспериментальные исследования позволили сформулировать вывод о целесообразности усовершенствования действующей инструктивно-методической базы. Практическая значимость дальнейших научно-методических разработок состоит в создании специальной консолидированной методики, учитывающей особенности миграции алюминия из фольги при ее тестировании в качестве пищевой упаковки с описанием температурно-временных режимов и условий имитации процесса запекания.

Список литературы

1. Риски загрязнения пищевых продуктов на различных стадиях их производства / О.И. Лаврухина, В.Г. Амелин, Л.Б. Прохватилова [и др.] // Ветеринария сегодня. – 2017. – № 3 (22). – С. 33–39.

2. Тиссен О. Упаковка для пищевой продукции должна быть безвредной // Стандарты и качество. – 2011. – № 10. – С. 84–85.

3. Aluminium levels in Italian diets and in selected foods from aluminium utensils / L.G. Gramiccioni, M.R. Ingrao, P. Milana [et al.] // Food Additives and Contaminants. – 1996. – Vol. 13 (7). – P. 767–774.

4. German Federal Institute for Risk Assessment (BfR). Aluminium in food. Risk Assessment. Studies Report No. 35. Chemical Hazard Evaluation. Centre for Food Safety Food and Environmental Hygiene Department. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. – 2009. – 42 p.

5. Migration of aluminum from food contact materials to food - a health risk for consumers? Part II of III: migration of aluminum from drinking bottles and moka pots made of aluminum to beverages / S. Thorsten [et al.] // Environ Sci Eur. – 2017. – Vol. 29 (18). – P. 1–7.

6. Migration of aluminum from food contact materials to food – a health risk for consumers? Part III of III: migration of aluminum to food from camping dishes and utensils made of aluminum / S. Thorsten [et al.] // Environ Sci. Eur. – 2017. – Vol. 29 (17). – P. 2–8.

7. Risk Assessment of Using Aluminum Foil in Food Preparation / G. Bassioni, S. Mohammed, E. Zubaidy [et al.] // International Journal of Electrochemical Science. – 2012. – № 7. – P. 4498–4509.

8. Turhan S. Aluminium contents in baked meats wrapped in aluminium foil // Meat Science. – 2006. – Vol. 74. – P. 644–647.

Раздел IV

Санитарно-эпидемиологические проблемы регионов. Лучшие практики гигиенической оценки и анализа рисков здоровью в рамках национальных проектов «Экология», «Демография», «Жилье и городская среда», «Генеральная уборка» социально-гигиенического мониторинга

Опыт работы по выявлению незаявленных пестицидов и антибиотиков в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах Российской Федерации

С.П. Алексеенко[1], Г.В. Карпущенко[1], Н.В. Войтова[1], А.А. Скопина[1], Е.Г. Тарасян[1], А.В. Моцкус[2]

[1]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области» Роспотребнадзора,
[2]ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава РФ,
г. Ростов-на-Дону, Россия

Объектом исследования являлась пищевая продукция, проанализированная на содержание незаявленных веществ, отобранная на территории субъектов ЮФО, СКФО. Обобщен опыт выявления незаявленных веществ, выработаны предложения по обеспечению безопасности находящейся в обороте пищевой продукции. В работе были использованы метод газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием, метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием. В результате настоящего исследования проанализированы итоги лабораторных исследований пищевой продукции на содержание незаявленных веществ, даны предложения в содержание экспертных заключений по результатам выявления в пищевой продукции незаявленных веществ, установлены возможные причины нахождения в обороте пищевой продукции, содержащей незаявленные пестициды, даны предложения по обеспечению безопасности находящейся в обороте продукции.

Ключевые слова: незаявленные антибиотики, пестициды, мониторинг, демография.

Меры по формированию системы мотивации граждан к ведению здорового образа жизни, предусмотренные национальным проектом «Демография» [1], включают в себя, помимо внедрения принципов здорового питания, также и вопросы безопасности пищевой продукции. Широкое использование незаявленных веществ в сельском хозяйстве определяет наличие их остаточных количеств в пищевых продуктах, обусловливая широкий контакт с ними значительного числа населения, в том числе и уязвимых групп: детей, беременных, лиц с различными хроническими заболеваниями. По этой причине одной из актуальных проблем, решаемых Роспотребнадзором, в том числе и как соисполнителем федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография», является мониторинг наличия остаточных количеств веществ в пищевой продукции, в том числе незаявленных. Данная работа проводится в Федеральном бюджетном учреждении здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области» в соответствии с распорядительными документами Роспотребнадзора [2, 4, 5].

Цель исследования – обобщение опыта выявления незаявленных веществ, выработка предложений по обеспечению безопасности находящейся в обороте пищевой продукции.

Материалы и методы. Лабораторные исследования по определению и идентификации незаявленных антибиотиков и пестицидов проведены испытательным лабораторным центром Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области», на базе которого организован опорный центр по данным исследованиям для субъектов ЮФО, СКФО.

Определение и идентификация незаявленных веществ (пестицидов) проводились методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС/МС) на газовом хромато-масс-спектрометре с детектором типа тройной квадруполь GCMS-TQ8050 EI W/O RP на 17 групп, 97 наименований (количественно), 496 наименований (качественно).

Определение остаточных количеств антибиотиков – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ВЭЖХ-МС/МС) на хромато-масс-спектрометрах жидкостных LCMS-8040, LCMS-8060 (высокоэффективные жидкостные хроматографы с тройным квадрупольным тандемным масс-спектрометрическим детектором) на 13 групп, 48 наименований.

Результаты. В 2021 г. в соответствии с вышеперечисленными распорядительными документами Роспотребнадзора исследовано 993 образца, выполнено 9788 исследований.

Проведено определение и идентификация незаявленных веществ (пестицидов) – 421 образец, 1819 исследований. В 120 образцах пищевой продукции идентифицированы незаявленные пестициды, что составляет 28 % от количества выполненных образцов на пестициды (13 проб продукции отечественного производства, 107 – импортного (Египет, Иран, Турция, Белоруссия, Грузия, Индия):

– зерно (семена): 2 образца (пиримифос-метил – 1, имазаметабенз-метил-2 – 1);

– мукомольно-крупяные изделия: 4 образца (пиримифос-метил, малатион);

– апельсин: один образец (тербацил);

– виноград свежий: 46 образцов (акринатрин, ацетамиприн, индоксакарб, ламбда-цигалотрин, малатион, металаксил, пенконазол, пириметанил, тебуфенпирад, тетраконазол, трифлоксистробин, флуталонил, хлорпирифос, хлопирифос-метил, цигалотрин, ципродинил, цифлуфенамид);

– гранат свежий: 7 образцов (лямбда-цигалотрин, хиналфос);

– грейпфрут: 2 образца (бутахлор, пиримифос-метил, пириметанил, малатион);

– груша свежая: 38 образцов (акринатрин, ацетамиприд, беналаксил, бенфуракарб, индоксакарб, каптан, лямбда-цигалотрин, малатион, металаксил, пенконазол, пириметанил, пирипроксифен, спиродиклофен, тебуканазол, трифлоксистробин, хлороталонил, цигалотрин, циперметрин, ципродинил);

– лимон: один образец (пириметанил, малатион);

– мандарин: один образец (пириметанил, малатион);

– морковь свежая: 4 образца (пиримифос-метил, мепронил, хлороталонил, карбетамид);

– огурцы свежие: один образец (пириметанил, бромобутид);

– перец сладкий свежий: 7 образцов (ацетамиприд, диметоат, каптан, пириметанил, хиналфос, хлорпирифос, хлорпирифос-метил, циперметрин);

– чеснок свежий: один образец (каптан);

– яблоки свежие: 5 образцов (беналаксил, бифентрин, каптан, каптафол, пиретрин 1, пириметанил, спиродиклофен, тебуфенпирад, трифлоксистробин, хлорпирифос, этофенпрокс).

В 4 образцах плодоовощной продукции выявлено превышение допустимого уровня содержания остаточных количеств пестицидов:

– виноград свежий: один образец (цифлуфенамид);

– груша свежая: 3 образца (хлороталонил).

В 21 образце выявлены остаточные количества пестицидов, не зарегистрированных в установленном порядке:

– виноград свежий: 7 образцов (флуталонил, индоксакарб);

– гранат свежий: 2 образца (хиналфос);

– груша свежая: 9 образцов (беналаксил, бенфуракарб, индоксакарб);

– морковь свежая: один образец (карбетамид);

– перец свежий: 2 образца (ацетамиприд, каптан, хиналфос).

Проведено определение остаточных количеств антибиотиков – 572 образца, 7969 исследований. Контаминированных выявлено 15 образцов, что составляет 2,6 % от количества выполненных образцов на содержание антибиотиков (все образцы отечественного производства):

– мясо и мясные продукты: 7 образцов (хлорамфеникол – 1, доксициклин – 3, окситетрациклин – 1, хлортетрациклин – 2);

– птица, яйца и продукты их переработки: 8 образцов (хлорамфеникол – 5, доксициклин – 1, окситетрациклин – 1, хлортетрациклин – 1).

Проб, в которых содержание остаточных количеств антибиотиков превышает допустимый уровень, не выявлено (таблица).

Полученные результаты лабораторных испытаний использованы для проведения санитарно-эпидемиологической экспертизы пищевой продукции. При этом в исследовательской части экспертного заключения отражались следующие вопросы:

– характеристика документов об обязательной оценке соответствия продукции требованиям технических регламентов (проверка наличия сведений о продукции в реестре декларации о соответствии, сравнение информации, указанной в декларации о соответствии, с маркировкой продукции и товарной накладной);

– информация о наличии / отсутствии обнаруженного пестицида в Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, и в СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [6];

– характеристика примененной схемы декларирования исследованной продукции с описанием ее этапов.

Обнаружение в пищевой продукции незаявленного пестицида, отсутствующего в Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, и в СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», свидетельствует о том, что при декларировании соответствия заявителем:

– не проведен полный анализ технической документации, в том числе информации о применении пестицидов при выращивании соответствующих растений, использованных для производства (изготовления) пищевой продукции, фумигации производственных помещений и тары для хранения этого сырья в целях защиты его от вредителей и болезней сельскохозяйственных растений согласно требованиям ч. 2 ст. 13 ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [3];

– процедура подтверждения соответствия продукции проведена с нарушением правил и полноты проведенных исследований (испытаний) либо заявленное соответствие продукции не подтверждено соответствующими исследованиями.

Отсутствие перечисленных сведений о проведении всех необходимых процедур свидетельствует о недостоверности декларирования пищевой продукции, что не соответствует требованиям п. 3 ч. 4 ст. 23 ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (таблица).

Сведения об исследованиях, проведенных в 2021 г. в соответствии с распорядительными документами Роспотребнадзора по выявлению непреднамеренно присутствующих и незаявленных опасными химических веществ в пищевой продукции и продовольственном сырье

Цель исследования	Всего образцов	Всего исследований	В том числе незаявленные пестициды						В том числе незаявленные антибиотики					
			образцов	исследований	из них				образцов	исследований	из них			
					контаминированных образцов	уд. вес контаминированных образцов, %	н/с образцов	уд. вес н/с образцов, %			контаминированных образцов	уд. вес контаминированных образцов, %	н/с проб	уд. вес н/с проб, %
Всего в том числе:	993	9 788	421	1 819	120	28	25	9	572	7 969	15	2,6	–	–
Исследования в качестве опорной базы:	200	1 050	100	271	–	–	–	–	100	889	15	15	–	–
в том числе выполнено для субъектов ЮФО, СКФО	170	900	85	220	–	–	–	–	85	680	10	12	–	–
В рамках НП Демография:	361	6 219	–	–	–	–	–	–	361	6 219	–	–	–	–
в том числе выполнено для субъектов ЮФО, СКФО	237	4 776	–	–	–	–	–	–	237	4 776	–	–	–	–
В рамках контроля за пищевой продукцией, находящейся в обороте и ввозимой на территорию Российской федерации:	143	627	143	627	120	84	25	17	–	–	–	–	–	–
в том числе выполнено для субъектов ЮФО	136	617	136	617	119	87	24	18	–	–	–	–	–	–

Протоколы лабораторных испытаний и экспертные заключения направлены в Управление Роспотребнадзора по Ростовской области для принятия мер, предусмотренных законодательством Российской Федерации.

Информация об обнаруженных пестицидах направлена в Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора.

Выводы:

1. В обороте на территории Российской Федерации присутствует значительное количество продукции, содержащей незаявленные неразрешенные пестициды, главным образом это плодоовощная продукция (груши, виноград).

2. С целью предупреждения попадания в оборот несоответствующей пищевой продукции необходимо соблюдение следующих требований:

– образцы декларируемой продукции для обязательных лабораторных исследований должны отбираться от сформированной партии квалифицированным сотрудником с соблюдением методик отбора проб;

– подтверждение соответствия продукции заявителями должно проводиться в соответствии с едиными правилами и схемами декларирования, установленными техническими регламентами;

– исследования должны проводиться на все показатели (остаточное содержание пестицидов исследовать испытательным лабораториям с учетом информации изготовителя об их применении);

– испытания образцов продукции необходимо проводить в соответствии с методиками исследований (испытаний), включенными в Перечень международных и региональных (межгосударственных) стандартов, а в случае их отсутствия – национальных (государственных) стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента и осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования.

Список литературы

1. Национальный проект «Демография» [Электронный ресурс] // Минтруд России. – URL: https://mintrud.gov.ru/ministry/programms/demography (дата обращения: 30.03.2022).

2. О контроле за пищевой продукцией, находящейся в обороте и ввозимой на территорию Российской Федерации: Письмо Роспотребнадзора от 02.11.2021 г. № 02/22501-2021-27 [Электронный ресурс]. – URL: https://rospotrebnadzor.ru/documents/documents.php?back_url_admin=%2Fbitrix%2Fadmin%2Fiblock_admin.php%3Ftype%3Ddocuments%26lang%3Dru%26admin%3DY&clear_cache=Y&arrFilter_ff%5BNAME%5D=&arrFilter_pf%5BVID_DOC%5D=98&arrFilter_pf%5BNUM_DOC%5D=&arrFilter_pf%5BGOD%5D%5BLEFT%5D=&arrFilter_pf%5BGOD%5D%5BRIGHT%5D=&set_filter=%CD%E0%E9%F2%E8&set_filter=Y (дата обращения: 30.03.2022).

3. О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (вместе с «ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности пищевой продукции»): Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 880 (ред. от 14.07.2021) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справочно-правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_124768/00dd811677fbe1241874d9e9aab09a2506b2424d (дата обращения: 30.03.2022).

4. О проведении лабораторных исследований на базе ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора и ИЛЦ центров гигиены и эпидемиологии в Красноярском, Приморском, Хабаровском, Ставропольском краях, Калининградской, Ростовской, Свердловской областях, г. Санкт-Петербурге: Письмо Роспотребнадзора от 02.03.2021 г.

№ 02/3965-2021-27 [Электронный ресурс]. – URL: https://rospotrebnadzor.ru/documents/documents.php?back_url_admin=%2Fbitrix%2Fadmin%2Fiblock_admin.php%3Ftype%3Ddocuments%26lang%3Dru%26admin%3DY&clear_cache=Y&arrFilter_ff%5BNAME%5D=&arrFilter_pf%5BVID_DOC%5D=98&arrFilter_pf%5BNUM_DOC%5D=&arrFilter_pf%5BGOD%5D%5BLEFT%5D=&arrFilter_pf%5BGOD%5D%5BRIGHT%5D=&set_filter=%CD%E0%E9%F2%E8&set_filter=Y (дата обращения: 30.03.2022).

5. О проведении пилотных исследований по мониторингу качества пищевой продукции и оценки доступности населения к отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов в регионах в рамках реализации федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография»: Приказ Роспотребнадзора от 27.05.2020 № 287 [Электронный ресурс]. – URL: https://rospotrebnadzor.ru/documents/documents.php?back_url_admin=%2Fbitrix%2Fadmin%2Fiblock_admin.php%3Ftype%3Ddocuments%26lang%3Dru%26admin%3DY&clear_cache=Y&arrFilter_ff%5BNAME%5D=&arrFilter_pf%5BVID_DOC%5D=98&arrFilter_pf%5BNUM_DOC%5D=&arrFilter_pf%5BGOD%5D%5BLEFT%5D=&arrFilter_pf%5BGOD%5D%5BRIGHT%5D=&set_filter=%CD%E0%E9%F2%E8&set_filter=Y (дата обращения: 30.03.2022).

6. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (вместе с «СанПиН 1.2.3685-21. Санитарные правила и нормы…»: Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справочно-правовая система. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839 (дата обращения: 30.03.2022).

Уровни содержания тяжелых металлов в пищевой продукции, представленной на рынке Республики Беларусь в 2020–2021 гг.

Ю.Н. Велентей, А.А. Плешкова, А.Ю. Устинович

РУП «Научно-практический центр гигиены»,
г. Минск, Республика Беларусь

Выполнена оценка уровней содержания тяжелых металлов в различных видах пищевой продукции, представленной на рынке Республики Беларусь в 2020–2021 гг. Объектом исследования являлись ретроспективные данные по содержанию свинца, кадмия, мышьяка и ртути в пищевой продукции, полученные за период с января 2020 г. по декабрь 2021 г. Исследования проведены методами атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (далее – АЭС-ИСП) и беспламенной атомно-абсорбционной спектрометрии.

Ключевые слова: токсичные элементы, пищевая продукция, допустимые уровни.

Пищевые продукты во все времена являются важнейшей составляющей жизни и здоровья людей. Резкое ухудшение экологической ситуации практически во всех регионах мира, связанное с деятельностью человека, влияет на химический состав потребляемой пищи, в частности, может происходить ее загрязнение тяжелыми металлами [1]. В настоящее время тяжелые металлы обнаруживаются в самых разных видах пищевой продукции: мясе, колбасных изделиях, рыбе, овощах и фруктах, молоке и молочной продукции, злаках и хлебобулочных изделиях, кондитерских изделиях.

К наиболее распространенным и опасным тяжелым металлам относятся мышьяк (As), свинец (Pb), кадмий (Cd) и ртуть (Hg). Попадая в организм человека, эти элементы могут стать причиной нарушений работы различных органов и систем. Чаще всего отмечается повышение частоты аллергических, инфекционных, бронхолегочных и онкологических заболеваний, риска врожденных пороков развития плода при беременности, нарушений нервно-психического и физического развития [2].

Свинец, мышьяк, кадмий, ртуть могут оказывать токсическое действие даже при самых низких концентрациях, вследствие их биоаккумуляции. Поэтому гигиенические требования к допустимому уровню (далее – ДУ) содержания этих токсичных элементов предъявляются ко всем видам продовольственного сырья и пищевых продуктов [3].

В настоящее время в странах Таможенного союза содержание тяжелых металлов в пищевой продукции нормируется Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (далее – ТР ТС 021-2011), где установлены ДУ содержания тяжелых металлов в различных видах пищевой продукции.

Цель исследования – оценить уровни содержания тяжелых металлов в различных видах пищевой продукции, представленной на рынке Республики Беларусь в 2020–2021 гг.

Материалы и методы. Для определения свинца, мышьяка и кадмия в пищевой продукции использовали метод АЭС-ИСП. Минерализацию образцов проводили с использованием системы микроволновой минерализации Mars 5 (CEM Corporation, США) [4]. Масса навески образцов составляла 0,4–0,5 г. Окислителем являлась смесь концентрированных азотной кислоты и перекиси водорода в количестве 10 см^3 при соотношении 8:2. Через 12 ч проводили минерализацию образцов при воздействии повышенных температуры и давления, варьирующихся в зависимости от типа образца: максимальная мощность, W – 1600; время подъема давления, мин – 10; давление, psi – 220; температура, °C – 180; время выдержки при заданных параметрах, мин – 20. Полученные растворы охлаждали и доводили до объема 25 см^3 бидистиллированной водой.

Измерения были проведены на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой iCAP 7200 (Thermo Fisher Scientific). Использовали следующие параметры прибора: спектральный диапазон – 166–847 нм; фокусное расстояние – 0,383 м; спектральное разрешение, не более – 7 нм; ОСКО результатов измерений, не более – 2 %; распылительный поток – 0,65 дм^3/мин; вспомогательный поток – 0,50 дм^3/мин.

Измерения содержания ртути были проведены методом беспламенной атомно-абсорбционной спектрометрии на основе эффекта Зеемана на анализаторе ртути РА-915М с использованием приставки ПИРО 915+, предназначенной для измерений содержания ртути в газах, водах, почвах, пищевых продуктах, углеводородном

сырье и биосредах. Основные параметры при работе на приставке ПИРО-915+ были следующие: время выхода анализатора на рабочий режим – 20 мин; потребляемая мощность, не более – 700 ВА; скорость прокачки воздуха – 0,8–1,2 дм^3/мин; температура первой секции атомизатора (испарителя) – 370–740 ^{o}C; температура второй секции атомизатора – 650–750 ^{o}C; масса вводимой пробы – 10–500 мг; диапазон измерений – 2,5–500 мкг/кг.

Идентификацию элементов проводили с использованием следующих длин волн, нм: Cd – 228,802; Pb – 220,353; As – 193,69; Hg – 253,7 нм. Повторность опытов была двукратной.

Результаты. Результаты определения содержания свинца, кадмия, мышьяка и ртути в различных видах пищевой продукции, представленных на рынке Республики Беларусь приведены в табл. 1–4.

Таблица 1

Уровни содержания свинца в различных видах пищевой продукции

Наименование продукта	Pb, мг/кг		
	Обнаружено в образцах		ДУ
	в 2020 г.	в 2021 г.	
Молоко	0–0,09	0,08–0,10	0,1
Печенье	0–0,07	0–0,21	0,5
Соки из фруктов	0–0,21	0–0,13	0,4
Овощные пюре	0–0,21	0–0,09	0,5
Зерно	–	0–0,21	0,5
Йогурты	–	0,09–0,14	0,1
Колбасные изделия	0–0,11	–	0,5
Мясо	0–0,082	0–0,09	0,5

Таблица 2

Уровни содержания кадмия в различных видах пищевой продукции

Наименование продукта	Cd, мг/кг		
	Обнаружено в образце		ДУ
	в 2020 г.	в 2021 г.	
Молоко	Менее 0,0125	Менее 0,0125	0,03
Рыбные консервы	–	0–0,009	0,2
Зерно	–	0,01–0,09	0,1
Мясо	Менее 0,0125	Менее 0,0125	0,05

Таблица 3

Уровни содержания мышьяка в различных видах пищевой продукции

Наименование продукта	As, мг/кг		
	Обнаружено в образце		ДУ
	в 2020 г.	в 2021 г.	
Молоко	–	0,03–0,05	0,05
Печенье	–	0–0,2	0,3
Рыбные консервы	–	0,11–0,69	1,0
Овощные пюре	0,010–0,034	–	0,2
Шоколад	–	0,26–0,38	1,0

Таблица 4

Уровни содержания ртути в различных видах пищевой продукции

Наименование продукта	Hg, мг/кг		
	Обнаружено в образце		ДУ
	в 2020 г.	в 2021 г.	
Молоко	0–0,003	0–0,004	0,005
Печенье	0–0,016	0–0,018	0,02
Рыба морская	0,08–0,47	0,11–0,52	0,5
Соки из фруктов	0–0,011	0–0,018	0,02
Овощные пюре	0–0,01	0–0,009	0,02
Зерно	0–0,023	0–0,028	0,03
Йогурты	0–0,003	0–0,004	0,005
Колбасные изделия	0–0,028	0–0,023	0,03
Мясо	0–0,016	0–0,021	0,03
Шоколад	0–0,09	0–0,08	0,1

Молоко. В образцах молока содержание свинца варьировалось в диапазоне от 0,08 до 0,10 мг/кг и не превышало ДУ (0,1 мг/кг), установленный в ТР ТС 021/2011. Содержание мышьяка в данных образцах находилось в пределах от 0,03 до 0,05 мг/кг, ДУ содержания мышьяка – 0,05 мг/кг. Кадмий в молоке в процессе скрининговых исследований, проведенных в 2020–2021 гг., обнаружен не был. Содержание ртути в данной категории исследуемых продуктов составляло от 0,003 до 0,004 мг/кг и не превышало ДУ (0,005 мг/кг).

Печенье. В представленных на рынке Республике Беларусь в течение 2020–2021 гг. образцах печенья содержание свинца составляло от 0,07 до 0,21 мг/кг и не превышало ДУ (0,5 мг/кг). Содержание мышьяка в исследуемых пробах не превышало 0,2 мг/кг при ДУ 0,3 мг/кг. Полученные значения ртути в образцах печенья составляли от 0,016 до 0,018 мг/кг и не превышали ДУ (0,02 мг/кг).

Рыбные консервы и морская рыба. В рыбных консервах содержание кадмия составляло не более 0,009 мг/кг и не превышало ДУ (0,2 мг/кг), установленный в ТР ТС 021/2011. Содержание мышьяка в данных образцах находилось в пределах от 0,11 до 0,69 мг/кг, ДУ содержания мышьяка – 1,0 мг/кг. Содержание ртути в морской рыбе составляло от 0,08 до 0,52 мг/кг, ДУ содержания ртути — 0,5 мг/кг. Превышение зафиксировано в 9,2 % проведенных исследований.

Соки из фруктов. В исследованных образцах фруктовых соках содержание свинца составляло от 0,13 до 0,21 мг/кг и не превышало ДУ (0,4 мг/кг). Полученные значения ртути в образцах фруктовых соков составляли от 0,011 до 0,018 мг/кг и не превышали ДУ (0,02 мг/кг).

Овощные пюре. В образцах овощного пюре содержание свинца варьировало от 0,09 до 0,21 мг/кг, что не превышало ДУ (0,5 мг/кг). Содержание мышьяка находилось в пределах от 0,010 до 0,034 мг/кг, ДУ содержания мышьяка – 0,2 мг/кг. Содержание ртути в данной категории исследуемых продуктов составляло от 0,009 до 0,01 мг/кг и не превышало ДУ (0,02 мг/кг).

Зерно. В представленных на рынке Республике Беларусь в течение 2020–2021 гг. образцах зерна содержание свинца составляло не более 0,21 мг/кг и не превышало ДУ (0,5 мг/кг). Содержание кадмия в данной категории товаров находилось в диапа-

зоне от 0,01 до 0,09 мг/кг, ДУ содержания кадмия – 0,12 мг/кг. Полученные значения ртути в образцах зерна составляли от 0,023 до 0,028 мг/кг и не превышали ДУ (0,03 мг/кг).

Йогурты. Содержание свинца в исследованных образцах йогурта варьировало в диапазоне от 0,09 до 0,14 мг/кг и не превышало ДУ (0,1 мг/кг). Содержание ртути в данной категории исследуемых продуктов составляло от 0,003 до 0,004 мг/кг и не превышало ДУ (0,005 мг/кг).

Колбасные изделия. В представленных на рынке Республики Беларусь образцах колбасных изделий содержание свинца составляло не более 0,11 мг/кг и не превышало ДУ (0,5 мг/кг). Полученные значения ртути в образцах колбасных изделий составляли от 0,023 до 0,028 мг/кг и не превышали ДУ (0,03 мг/кг).

Мясо. В образцах мяса содержания свинца варьировало в диапазоне от 0,082 до 0,09 мг/кг и не превышало ДУ (0,5 мг/кг), установленные в ТР ТС 021/2011. Кадмий в мясе в процессе скрининговых исследований, проведенных в 2020–2021 гг., обнаружен не был. Содержание ртути в данной категории исследуемых продуктов составляло от 0,016 до 0,021 мг/кг и не превышало ДУ (0,03 мг/кг).

Шоколад. В представленных на рынке Республике Беларусь в течение 2020–2021 годов образцах шоколада содержание мышьяка составляло от 0,26 до 0,38 мг/кг и не превышало ДУ, установленные в нормативной документации (1,0 мг/кг). Полученные значения ртути в образцах шоколада составляли от 0,008 до 0,009 мг/кг и не превышали ДУ (0,1 мг/кг).

Выводы. Таким образом, ретроспективные данные по уровню содержания тяжелых металлов, полученные за период с января 2020 г. по декабрь 2021 г. в ходе исследований различных видов пищевой продукции, представленной на рынке Республики Беларусь, свидетельствуют о соответствии данной продукции требованиям ТР ТС 021/2011. Исключением являлась морская рыба: превышение ДУ зафиксировано в 9,2 % образцов морской рыбы, исследованной в 2021 г.

Список литературы

1. Евтушенко Н.Ю., Малыжева Т.Д., Шаповал Т.П. Закономерности поступления в организм и накопление тяжелых металлов в тканях рыб // Первая всесоюзная конференция по рыбохозяйственной токсикологии: тез. докл. / АН ЛатвССР, Институт биологии, Науч. совет по рыбохоз. токсикологии Ихтиол. комис. – Рига, 1989. – Ч. 2. – С. 132–133.

2. Желязко В.И., Мажайский Ю.А., Доронина О.Е. Приемы снижения накопления ТМ в почвах и растительной продукции // Плодородие. – 2007. – № 2. – С. 38–40.

3. Сверлова Л.И., Воронина Н.В. Загрязнение природной среды и экологическая патология человека. – Хабаровск: ООП ККГС, 2001. – 215 с.

4. Микроволновое разложение биологических объектов для последующего атомно-абсорбционного и атомно-эмиссионного (с индуктивно связанной плазмой) анализа / Э.М. Седых [и др.] // Журнал аналитической химии. – 1991. – Т. 46, № 2. – С. 292–299.

Определение подсластителей сукралозы и аспартама в пищевой продукции и БАД методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с рефрактометрическим детектированием

С.И. Войтенко, Е.В. Андриевская, О.С. Воронцова, Л.Л. Белышева

РУП «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Разработана методика одновременного определения содержания подсластителей аспартама и сукралозы в пищевых продуктах и биологически активных добавках. Метод основан на экстракции подсластителей водой, очистке экстрактов и количественном определении аналитов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с рефрактометрическим детектированием. Хроматографическое разделение осуществлялось на обращенно-фазной колонке C18 (Hypersil ODS, 250 × 4,6 мм, 5,0 мкм). В качестве подвижной фазы использовали смесь «вода: метанол» (3:1 об. %). Предел количественного определения сукралозы и аспартама составил 20 мг/кг.

Ключевые слова: сукралоза, аспартам, ВЭЖХ, рефрактометрическое детектирование, пищевая продукция, биологически активные добавки.

В современном мире широкое применение находят подсластители – заменители сахара. Подсластители добавляются к продуктам питания для придания им сладкого вкуса. С их помощью можно производить низкокалорийные диетические продукты, полностью или частично лишенные легкоусвояемых углеводов. Благодаря отсутствию глюкозного фрагмента подсластители не требуют для усвоения инсулин и могут использоваться в производстве продуктов для больных сахарным диабетом. К наиболее широко используемым в производстве продуктов питания относятся синтетические подсластители, в том числе аспартам и сукралоза [1].

Сукралоза – дисахарид, состоящий из 1,6-дихлор-1,6-дидезоксифруктозы и 4-хлор-4-дезоксигалактозы, в котором три гидроксильные группы замещены атомами хлора. На рис. 1 приведена структурная формула сукралозы.

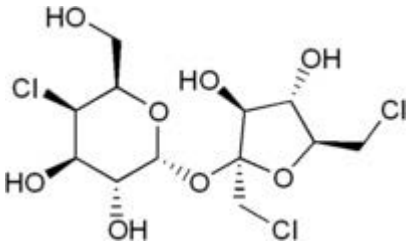


Рис. 1. Структурная формула сукралозы

Этот подсластитель известен под торговой маркой Splenda, по международной классификации пищевых добавок имеет код Е955. Сукралоза в 600 раз слаще, чем сахароза, что примерно в два раза слаще, чем сахарин, и в четыре раза слаще, чем аспартам. В отличие от аспартама, сукралоза стабильна при нагревании и в широком диапазоне значений pH, и может использоваться при выпечке или в продуктах, требующих более длительного срока хранения. На рис. 1 приведена структурная формула сукралозы.

Аспартам (L-Аспартил-L-фенилаланин) – органическое химическое соединение, на пищевых продуктах обозначается кодом Е951. Аспартам представляет собой метиловый эфир дипептида, в который входят аминокислоты: фенилаланин и аспарагиновая кислота. На рис. 2 приведена структурная формула аспартама.

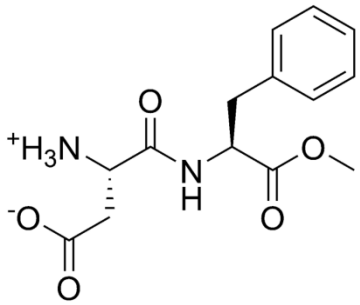


Рис. 2. Структурная формула аспартама

Аспартам примерно в 180 раз слаще сахара, используется как в низкокалорийных продуктах, так и в лекарственных средствах. И хоть аспартам хорошо изученный подсластитель, его не рекомендуют использовать людям с нарушением метаболизма аминокислот.

В Республике Беларусь и в государствах-членах Евразийского экономического союза (ЕАЭС) в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями аспартам и сукралоза разрешены к использованию при производстве пищевых продуктов, их содержание нормируется [4]. Так, содержание сукралозы в пищевых продуктах нормируется от 200 до 800 мг/кг, в биологически активных добавках к пище – до 2,4 г/кг. Для аспартама – от 25 мг/кг до 2 г/кг для пищевых продуктов, для биологически активных добавок до 5,5 г/кг.

Для придания пищевым продуктам сладости, сопоставимой со сладостью сахара, обычно используют смеси подсластителей. Кроме того, при смешивании подсластителей проявляется взаимное усиление сладости. Это позволяет, варьируя соотношение подсластителей в смеси, добиваться необходимого вкуса продукта с использованием минимального количества добавленных заменителей сахара. В настоящее время известны методы количественного определения аспартама [2] и сукралозы [3] в пищевых продуктах, однако отсутствует метод одновременного определения данных подсластителей. Также актуальной задачей является распространение методики определения на биологически активные добавки, в которых аспартам и сукралоза находят широкое применение.

Цель исследования – разработка метода одновременного определения содержания аспартама и сукралозы в пищевых продуктах и биологически активных

добавках методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с рефрактометрическим детектированием.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись стандартные растворы аспартама и сукралозы, а также образцы пищевых продуктов: напиток безалкогольный, карамель, биологически активные добавки (специализированное питание) с добавленным содержанием изучаемых подсластителей.

Исследования проводились с использованием жидкостного хроматографа Agilent 1200, оснащенного рефрактометрическим детектором.

Для разделения аналитов выбрана и в дальнейшем применялась колонка Hypersil ODS размером 4,0×250 мм, зернение 5 микрон. Режим хроматографирования: температура колонки – 35 ^{o}C, подвижная фаза – смесь «вода: метанол» (3:1 об. %). Скорость подачи подвижной фазы – 1,2 см^3/мин, объем вводимой пробы – 100 мкл. Регистрацию сигнала проводили с помощью рефрактометрического детектора, принцип действия которого основан на дифференциальном измерении изменения показателя преломления растворителя при нахождении в нем молекул анализируемого вещества. Вклад растворенного вещества в изменение показателя преломления растворителя пропорционален объемной концентрации этого вещества. Время выхода сукралозы составило – 6,6 мин, аспартама – 9,9 мин.

Для определения линейности метода исследованы градуировочные характеристики графиков, построенных по серии градуировочных растворов сукралозы и аспартама с концентрацией от 20,0 до 100,0 мг/л. Каждая серия градуировочных растворов подвергалась хроматографическому анализу трижды.

По полученным результатам методом наименьших квадратов рассчитаны градуировочные характеристики. Установлено, что градуировочные графики аспартама и сукралозы являются линейными, коэффициенты корреляции составили 0,999 для каждого исследуемого аналита. Нижний предел обнаружения разработанной методики для сукралозы и аспартама составляет 20,0 мг/л.

Подготовка пробы. Способ подготовки к анализу образцов различных пищевых матриц выбирался в соответствии со следующими принципами:

1. Навески образцов взвешивались с точностью ± 0,0001 г.

2. Анализ образцов алкогольных и безалкогольных напитков проводился без разбавления пробы дистиллированной водой. Мутные растворы фильтровались через мембранный фильтр.

3. Для растворимых в воде пищевых продуктов (например, карамель и аналогичные продукты) навески образца массой 3–5 г помещались в мерную колбу и растворялись в 50 см^3 дистиллированной воды. Мутные растворы фильтровались через мембранный фильтр.

4. Для продуктов, не полностью растворимых в воде (например, печенье, жевательная резинка, йогурт, кетчуп, майонез, биологически активные добавки и др.), навески образцов массой от 5 до 15 г помещались в мерной колбу вместимостью 50 см^3. В колбу добавляли 25 см^3 дистиллированной воды, после чего обрабатывали пробы в ультразвуковой бане 15 мин. Далее в растворы проб вносилось по 1 см^3 растворов Карреза I и Карреза II. Колбы с содержимым встряхивались после добавления каждого из растворов. Затем объем доводился до метки водой. Полученные растворы фильтровали сначала через бумажный фильтр, а затем, если раствор оставался мутным, фильтровались через мембранный фильтр Millipore с размером пор 0,25 мкм.

Результаты. В результате проведенных исследований разработаны условия инструментального анализа, обеспечивающие оптимальные разделение сукралозы и аспартама на хроматографической колонке, позволяющие их детектировать с высокой чувствительностью, при этом в качестве элюента следует использовать смесь «вода:метанол» (3:1 об. %).

На рис. 3 представлена хроматограмма, полученная при анализе безалкогольного напитка с внесением аспартама и сукралозы в количестве 50 мг/кг.

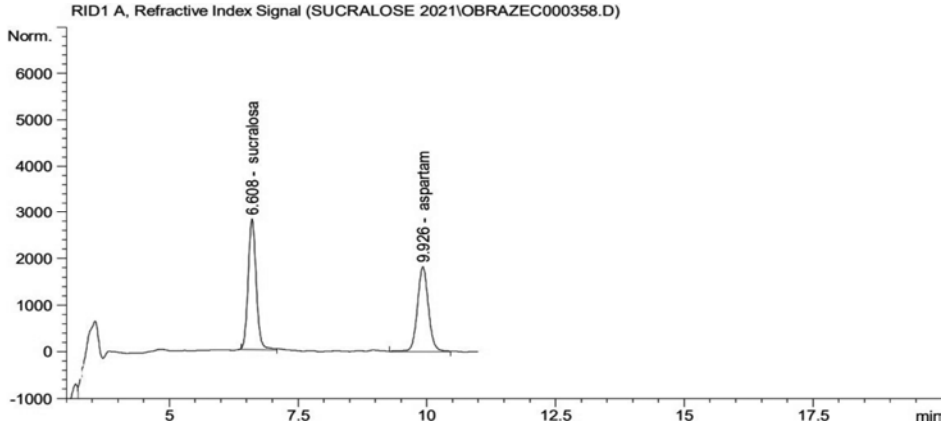


Рис. 3. Хроматограмма, полученная при анализе напитка безалкогольного с внесением аспартама и сукралозы в количестве 50 мг/кг

Выводы. В результате проведенных исследований разработаны оптимальные условия пробоподготовки и хроматографического анализа аспартама и сукралозы в пищевых продуктах и биологически активных добавках, установлено, что наилучшего разделения пиков аналитов и отделения аналитов от примесей можно добиться при использовании в качестве подвижной фазы смеси «вода: метанол» (3:1 об. %).

Определены оптимальные условия пробоподготовки образцов различного состава. Для выделения подсластителей из легкорастворимых продуктов предложено использовать растворение проб в воде с последующей фильтрацией, а при анализе образцов с более сложной матрицей в пробоподготовку необходимо включить дополнительную стадию очистки экстракта при помощи растворов Карреза I и II.

Разработана методика одновременного определения аспартама и сукралозы в пищевых продуктах и биологически активных добавках методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с рефрактометрическим детектированием. Предел количественного определения разработанной методики для аспартама и сукралозы составляет 20 мг/кг.

Список литературы

1. Воронцова О.С., Гайдукова Т.В. Одновременное определение аспартама, сахарина и ацесульфама калия в продуктах питания, пищевых добавках и БАД // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. ст. – Минск, 2011. – Вып. 19. – С. 408–412.

2. ГОСТ EN 12856-2015. Определение ацесульфама калия, аспартама и сахарина методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. – Минск: Госстандарт, 2017. – 11 с.

3. ГОСТ EN 16155-2016. Продукты пищевые. Определение сукралозы методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. – Минск: Госстандарт, 2017. – 8 с.

4. ТР ТС 029/2012. Требования к безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств / Евраз. эконом. комис. – Минск: БелГИСС, 2014. – 272 с.

Спектральные методы для анализа микроэлементов в биологических объектах

К.О. Гилева, Т.С. Уланова

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

Рассмотрены наиболее распространенные методы атомной спектроскопии к определению микроэлементов в биологических объектах, кровь и моча. Рассмотрена пробоподготовка биологического материала для атомно-абсорбционного, атомно-эмиссионного и масс-спектрального методов. Разобраны важные критерии, которые позволяют выбрать оптимальный метод для конкретного применения. Описан спектрометр AAnalyst 400 компании PerkinElmer, на котором определяли содержание железа в биологическом материале.

Ключевые слова: микроэлементы, атомная спектроскопия, биологические объекты.

Металлы широко распространенны в современном мире. Микроэлементы играют центральную роль в обмене веществ и поддержании основных функций человека. Многие металлы имеют особое значение для обеспечения нормального протекания биологических процессов и ферментативных реакций в организме. Недостаток или избыток элементов в течение длительного времени может привести к биохимическим, физиологическим или структурным изменениям во многих органах и развитию патологических состояний [5, 7, 9, 11].

Мониторинг содержания элементов в различных биологических материалах у человека имеет большое значение для выработки норм содержания химических элементов для оценки состояния здоровья. При планировании мониторинга центральным элементом является выбор рациональной схемы анализа, которая учитывает чувствительность методов, точность, скорость и стоимость анализа [6].

В настоящее время при микроэлементном анализе наибольшее распространение получили три спектрально-аналитических метода: атомно-абсорбционной, атомно-эмиссионной и масс-спектральный. К этим методам относятся: пламенная атомно-абсорбционная спектроскопия, атомно-абсорбционная спектроскопия с электротротермической атомизацией в графитовой кювете, атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно связанной плазмой и масс-спектроскопии с индуктивной связанной плазмой. Реже применяют инверсионную вольтамперометрию и нейтронно-активационный анализ. Данные методы хорошо дополняют друг друга,

поэтому необходимо четко понимать предварительный выбор конкретного метода по следующим критериям: пределы обнаружения, рабочий аналитический диапазон концентраций, производительность, качество результатов, затраты, аналитические помехи, простота эксплуатации, доступность проверенных методик [1, 2, 4].

Метод пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии. Сущность метода заключается в том, что при пропускании света с определенной длиной волны (190–850 нм) через слой атомных паров пробы атомы поглощают энергию света и переходят из невозбужденного (основного) состояния в возбужденное. Каждому элементу соответствуют свои переходы в атомных спектрах.

Атомно-абсорбционный анализ отличается высокой чувствительностью и избирательностью. В анализе характерна гораздо меньшая вероятность совпадения спектральных линий разных элементов и соответственно более высокая селективность определений.

В атомной абсорбции в пламени атомизатор должен переводить образец в свободные атомы элементов. Для получения свободных атомов используется тепловая энергия, чаще всего в виде воздушно-ацетиленового пламени или пламени из смеси ацетилена с закисью азота. При температуре 2500–3000 °С элемент в атомизаторе превращается в атомный пар, как раз в этом температурном интервале значения сигнала абсорбции слабо зависит от температуры и оказывается достаточно высокими.

Главным ограничением данного метода является система «горелка – распылитель», так как лишь малая доля образца достигает пламени и атомизированный образец быстро проходит световой участок пути в спектрометре. Чувствительность данного метода можно повысить, атомизируя образец полностью, удерживая в этом состоянии в течение большего времени. Этим требованиям отвечает электротермическая атомизация в графитовой печи.

Метод атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией в графитовой кювете. В данном методе пламя заменяется на электронагревательную графитовую трубку. Образец вводят в трубку, которую затем нагревают в несколько этапов, задаваемых программным способом.

Данный метод характеризуется меньшей скоростью анализа и более узким перечнем определяемых элементов по сравнению с атомной абсорбцией в пламени. Однако лучшая чувствительность, низкий предел обнаружения, малые объемы проб значительно расширяют возможности атомной абсорбции. Несмотря на удовлетворительные пределы обнаружения (от десятых до тысячных мкг/л) и относительную доступность оборудования, этот метод из-за невысокой производительности уступает методу масс-спектроскопии с индуктивной связанной плазмой.

В большинстве случаев методы пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии и атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией в графитовой кювете применяются как одноэлементные методы анализа, поскольку для каждого элемента необходим специфический источник света и соответствующих им оптических параметров, а также использование разных газов.

Метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой. Данный метод основан на измерении излучения, испускаемого элементами пробы, которые помещают в индуктивно связанную плазму. Чаще всего в ходе анализа одного образца возможно менять способы контроля излучения индуктивно связанной плазмы (перпендикулярно току газов плазмы и вдоль горелки универ-

сальные системы позволяют) в универсальных системах. Двойной контроль плазмы обеспечивает лучшие пределы обнаружения и расширяет границы рабочего диапазона определяемых концентраций.

Метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой является многоэлементным методом анализа с высокой производительностью [10].

Метод масс-спектроскопии с индуктивной связанной плазмой. В последние годы широкое применение для определения низкого содержания микроэлементов в биосредах находит метод масс-спектроскопии с индуктивной связанной плазмой (ИСП-МС). Источник ИСП используется для получения однозарядных ионов из матриц элементов в пробе, которые направляются в масс-спектрометр и разделяются по соотношению массы иона к заряду.

Метод масс-спектроскопии с индуктивной связанной плазмой позволяет проводить одновременный многоэлементный анализ, получая пределы обнаружения микроэлементов соизмеримыми или чаще ниже, чем методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией в графитовой кювете. В настоящее время при использовании технологии динамической реакционной системы устраняются серьезные ограничения данного метода, в частности, предотвращаются побочные реакции в самой ячейке, способные привести к возникновению новых изобарных полиатомных ионов.

Методы атомной спектроскопии нашли обширное применение при определении малых и сверхмалых количеств макро- и микроэлементов в различных биологических объектах. В большинстве случаев эти методы предусматривают определение содержания элементов в растворах, поэтому необходимо проведение предварительной пробоподготовки для разрушения макроосновы образца и перевод его в раствор [8].

Пробоподготовка проб часто является наиболее длительной в анализе и вносит основной вклад в увеличение погрешности измерений. В настоящее время используют несколько методов разложения анализируемого биологического материала. Первые методы – это разложение в открытых системах, включающие в себя сухое и мокрое озоление неорганическими кислотами, экстракционное концентрирование или мокрую минерализацию с применением ультразвукового излучения. Вторые – используют методы минерализации проб в закрытых сосудах. К ним относятся автоклавное разложение под воздействием давления и температуры, а также микроволновое разложение под воздействием СВЧ-излучения. Такое разложение проб имеет ряд преимуществ, в первую очередь минимизация количества реагентов и, как следствие, минимизация возможного загрязнения, значительное сокращение времени разложения, а так же использование закрытых сосудов позволяет устранить неконтролируемые потери следов элементов в виде легколетучих молекулярных соединений.

Привлекателен анализ биологических жидкостей напрямую, без минерализации проб, что исключает загрязнение, минимизирует потери и сокращает время анализа. Обычно, подготовка пробы состоит в разбавлении крови в 5–50 раз, сыворотки и мочи в 2–10 раз раствором азотной кислоты с добавлением для стабилизации клеточных мембран и протеинов поверхностно активных веществ. Этот подход реализован в целом ряде работ с использованием методов масс-спектроскопии с индуктивной связанной плазмой, атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой, атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией в графитовой кювете [3].

Одним из приборов, применяемых в нашей лаборатории, является спектрометр AAnalyst 400 компании PerkinElmer. Он представляет собой настольный спектрометр атомной абсорбции в пламени, включающий двухлучевую оптическую систему, оптимизированную для максимального выхода излучения; систему горелки для пламенной атомизации; систему дейтериевого корректора фона.

В приборах AAnalyst 400 можно использовать несколько различных ламп, в зависимости от элемента, который подвергается определению. Можно использовать как лампу с полым катодом, так и безэлектродную газоразрядную лампу.

В нашей лаборатории для работы с пламенем воздух-ацетилен используется 10-сантиметровая насадка горелки с одной щелью, ширина которой 0,65 мм. Давление газов, используемых для анализа элементов, составляет 3–4 и 0,8–1,0 атм соответственно для воздуха и ацетилена.

Одним из последних исследований, которые были проведены, это определение железа в моче проводили в соответствии с МУК 4.1.774-99 «Определение содержания железа, цинка, никеля в моче методом атомной абсорбции с применением атомно-абсорбционного спектрометра Aanalyst 400». Проведено сравнение среднегрупповых концентраций железа в моче учащихся общеобразовательных школ в группах наблюдения и сравнения по отношению к региональным фоновым уровням содержания железа в моче детского населения, проживающего на экологически благополучных территориях Пермского края.

Установлено достоверно более высокое среднегрупповое содержание железа в 1,3 и 1,5 раза в моче учащихся группы наблюдения А и сравнения А (аллергики) по отношению к региональным фоновым уровням (0,0868 ± 0,0344 мг/дм^3). Установлено достоверно более высокое среднегрупповое содержание железа в 1,8 раза в моче учащихся группы сравнения Б (неаллергики) по отношению к региональным фоновым уровням.

При сравнении среднегрупповых концентраций железа учащихся группы наблюдения А (аллергики) и группы наблюдения Б (неаллергики) не установлено достоверных различий между группами (соответственно 0,1174 ± 0,0183 и 0,1227 ± ± 0,0115 мг/дм^3). Также не установлено достоверных различий между группами сравнения А и сравнения Б (0,1405 ± 0,0261 и 0,1608 ± 0,0184 мг/дм^3).

Методы атомной спектроскопии нашли широкое применение при определении малых и сверхмалых количеств макро- и микроэлементов в различных биологических объектах. Для выбора того или иного метода необходимо понимание требований, предъявляемых лабораторией: необходимая чувствительность определений элементов, рабочий диапазон определяемых концентраций элементов, количество анализируемых образцов и качество получаемых данных.

Список литературы

1. Атомная спектроскопия: руководство по выбору подходящего метода анализа и приборов PerkinElmer. – М., 2008. – С. 1–15.

2. Забокрицкий М.П. Критерии выбора спектрального метода применительно к анализу микроэлементов в биологических объектах // Микроэлементы в медицине. – 2014. – № 15 (4). – С. 29–38.

3. Иваненко Н.Б. Определение микроэлементов в биологических жидкостях // Журнал аналитической химии. – 2011. – № 9 (66). – С. 900–915.

4. Иваненко Н.Б. Определение химических форм микроэлементов в биологических объектах // Аналитика и контроль. – 2012. – № 16 (2). – С. 12–15.

5. Канжигалина З.К. Биологическая роль и значение микроэлементов в жизнедеятельности человека // Вестник Казахского Национального медицинского университета. – 2013. – № 5 (2). – С. 89–91.

6. Лисецкая Л.Г. Методологические вопросы анализа микроэлементов в биосредах // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2005. – № 1 (39). – С. 168–173.

7. Луковникова Л.Б. Система биомониторинга химических загрязнений и оценка влияний токсикантов га здоровье человека: проблемы и пути их решения // Вестник образования и развития науки Российской академии естественных наук. – 2020. – № 4. – С. 111–124.

8. Макаренко Н.П. Пробоподготовка биологического материала для атомно-абсорбционного анализа // Гигиена и санитария. – 2007. – № 3. – С. 71–72.

9. МР 2.3.1.2432-08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. – М.: Минздрав России. – 2008. – 41 с.

10. Пупышев А.А. Использование атомно-эмиссонной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой для анализа материалов и продуктов черной металлургии // Аналитика и контроль. – 2007. – Т. 11, № 2–3. – С. 131–181.

11. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. – М.: Издательский дом «Оникс 21 век», Мир, 2004. – 272 с.

Влияние факторов социального стресса на ожидаемую продолжительность жизни населения РФ

М.В. Глухих

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

Приоритетным направлением государственной политики государства остается увеличение ожидаемой продолжительности жизни населения. Установлено, что за период 2010–2020 гг. произошло улучшение по ряду показателей социального стресса, таким как число зарегистрированных преступлений (–23,9 %), коэффициент Джини (–3,6 %), доля расходов консолидированных бюджетов на социальную политику (21,0 %). Получено, что за период 2010–2019 гг. влияние группы показателей социально-демографической сферы составило 462 дня, частное влияние показателей социального стресса (+42 дня). Спрогнозировано, что при текущих трендах изменения показателей социального стресса к 2024 г. влияние данных показателей составит +36 дней, в случае достижения наилучших значений среди субъектов РФ потенциальное влияние составит +65 дней. Показана вариативность влияния факторов социального стресса при различных фоновых условиях факторов среды обитания.

Ключевые слова: среда обитания, факторы социального стресса, ожидаемая продолжительность жизни, нейронные сети, анализ временных рядов.

В рамках исполнения национальных целей до 2030 г. [6] в Российской Федерации реализуется комплекс государственных программ, национальных и федеральных проектов. Одним из основных итоговых индикаторов их достижения является увеличение ожидаемой продолжительности жизни (ОПЖ) до 78 лет. Одной из основных задач гигиены является оценка влияния факторов среды обитания на популяционное здоровье с последующей коррекцией силы воздействия данных факторов, в том числе путем осуществления медико-профилактических мероприятий. Исходя из этого становится очевидно, что для комплексной оценки влияния факторов среды обитания на здоровье населения с целью максимально исчерпывающего охвата данных факторов требуется учет широкого перечня показателей. На существующее положение в научной среде имеется представление о долевой структуре факторов, определяющих общественное здоровье, с преобладанием в ней (до 55,0 %) группы факторов, обусловливающих образ жизни и социально-экономическое положение населения [1]. Необходимость анализа социально-экономических факторов, формирующих «социальный стресс», наравне с факторами традиционно гигиенического направления (качественные характеристики объектов окружающей среды) подчеркивал Б.Т. Величковский [2, 7]. В западной научной среде все более широкую популярность в последние десятилетия получают представления о социально-экономической детерминированности общественного здоровья ввиду меньшего количества остростоящих проблем в области экологии и ненормативного качества факторов окружающей среды в отличие от развивающихся стран [10]. Для идентификации и анализа психосоциальных факторов с последующими корректирующими действиями по минимизации психосоциальных рисков разработано «Руководство по менеджменту психосоциального риска на рабочем месте» [4]. В разделе «Введение» данного документа сообщается, что «психосоциальные риски могут иметь негативное воздействие в плане человеческих, социальных и финансовых затрат. Негативные последствия на индивидуальном уровне включают плохое состояние здоровья и самочувствия и проблемы в межличностных отношениях на работе и в личной жизни», приводя в общем счете к серьезным экономическим издержкам для государства в виде недопроизведенного продукта и затрат на лечение и реабилитацию трудоспособного населения.

В связи с обозначенной актуальностью представляется целесообразным и своевременным изучение степени влияния ряда показателей, определяющих социальный стресс и являющихся психосоциальными рисками в большей степени межличностного взаимодействия.

Цель исследования – оценить динамику изменения показателей, характеризующих социальный стресс населения Российской Федерации, за период 2010–2019 гг. с установлением их вклада в потенциал роста ожидаемой продолжительности жизни населения.

Материалы и методы. На начальном этапе исследования осуществлялся поиск информации о существующих причинно-следственных связях показателей популяционного здоровья с показателями среды обитания и образа жизни по данным отечественной и зарубежной научной литературы.

Формирование матрицы данных проводилось путем отбора статистической информации из государственных и ведомственных статистических сборников (Росстат, Роспотребнадзор, Минздрав РФ и другие) за период 2010–2020 гг. по всем (85) субъектам РФ в соответствии с полученными данными о причинно-следственных связях между изучаемыми показателями (факторы среды – показатели здоровья насе-

ления). Итоговая матрица данных включала в себя шесть групп факторов (148 показателей): показатели санитарно-эпидемиологического благополучия (53 показателей), показатели образа жизни (30), социально-демографические показатели (34), экономические показатели (14), показатели системы здравоохранения (9), погодно-климатические показатели (8).

Для цели настоящего исследования из социально-демографических показателей в качестве факторов социального стресса изучались 6 показателей: коэффициент Джини (%) – П1, доля занятого населения, рабочее время которого превышает 40 ч в неделю (%), – П2, отработано в среднем на одного занятого в неделю (часы) – П3, доля расходов консолидированных бюджетов на социальную политику (%) –П4, соотношение разводов к бракам (на 1000 браков) – П5, число зарегистрированных преступлений ($^0/_{000}$) – П6.

Динамика изменения показателей социального стресса оценивалась путем анализа временных рядов по темпам прироста и средним темпам прироста.

Оценка степени влияния факторов социального стресса на показатель ОПЖ проводилась согласно алгоритму, изложенному в МР 2.1.10.0269–21 [5]. Оценка влияния анализируемых факторов выполнялась по пяти сценариям:

– сценарий «А» – оценка ретроспективного влияния от всех 148 показателей по данным 2010–2019 гг.;

– сценарий «Б» – оценка ретроспективного влияния шести показателей социального стресса по данным 2010–2019 гг.;

– сценарий «В» – прогнозная оценка влияния показателей социального стресса по их тенденциям (линейный / логарифмический тренды) к 2024 г.;

– сценарий «Г» – прогнозная оценка влияния показателей социального стресса по лучшим значениям (на момент 2019 г.) анализируемых показателей среди субъектов РФ (95-й или 5-й персентиль в зависимости от биологического смысла);

– сценарий «Д» – условия сценария «Г», а также учет влияния двух показателей экономической группы: среднедушевые денежные доходы (П7) и потребительские расходы (П8) населения РФ (тыс. руб.). Значения данных показателей также выбраны по 95-му персентилю значений субъектов РФ на 2019 г. и использованы как для базового, так и для целевого сценариев.

Сценарные (базовые и целевые) значения анализируемых показателей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сценарные (базовые и целевые) значения показателей, характеризующих социальный стресс

Показатель	Сценарий «А»		Сценарий «Б»		Сценарий «В»		Сценарий «Г»		Сценарий «Д»	
	Б*	Ц**	Б	Ц	Б	Ц	Б	Ц	Б	Ц
П1	42,1	41,1	42,1	41,1	41,1	40,3	41,1	33,8	41,1	33,8
П2	6,0	5,9	6,0	5,9	5,9	5,9	5,9	1,0	5,9	1,0
П3	38,1	37,8	38,1	37,8	37,8	37,7	37,8	39,0	37,8	39,0
П4	17,6	19,8	17,6	19,8	19,8	22,7	19,8	27,6	19,8	27,6
П5	526,0	653,0	526,0	653,0	653,0	757,9	653,0	512,8	653,0	512,8
П6	1840	1379,0	1840	1379,0	1379,0	1316,6	1379,0	892,2	1379,0	892,2
П7	18,9	35,3	18,9	18,9	35,3	35,3	35,3	35,3	64,1	64,1
П8	13,2	28,5	13,2	13,2	28,5	28,5	28,5	28,5	36,8	36,8

Примечание: * – базовые значения показателей; ** – целевые значения показателей.

Формирование матрицы данных, статистическая обработка, численные расчеты и визуализация результатов проводились с использованием математических вычислительных программ с возможностями статистической обработки информации (Statistica 10, RStudio, MS Excel 2010).

Результаты. Анализ динамики изменения изучаемых показателей за рассматриваемый период времени (2010–2020 гг.) выявил, что по всем показателям произошли позитивные изменения за исключением количества разводов супружеских пар (табл. 2).

Таблица 2

Динамика изменения показателей социального стресса на уровне РФ за период 2010–2020 гг., %

Показатель	Год		Разность значений 2010–2020 гг.	Темп прироста 2010–2020 гг., %	Средний темп прироста 2010–2020 гг., %
	2010	2020			
Коэффициент Джини, %	42,1	40,6	1,5	-3,56	-0,36
Доля занятого населения, рабочее время которых превышает 40 ч в неделю, %	6,39*	6,02*	0,37	-5,79	-0,47
Отработано в среднем на одного занятого в неделю, ч	38,19*	37,86*	0,33	-0,86	-0,09
Доля расходов консолидированных бюджетов на социальную политику, %	17,6	21,3	3,7	21,02	2,28
Соотношение браков и разводов (на 1000 браков приходится разводов)	526,0	733,0	207	39,35	3,66
Число зарегистрированных преступлений на 100 тыс. человек населения	1840,0	1399,0	441	-23,97	-2,57

Примечание: * – данные по показателям восстановлены по линейным тенденциям.

Относительно 2010 г. на момент 2020 г. установлено снижение коэффициента Джини на 3,6 %, что может указывать на тенденции к уменьшению степени дифференциации общества по денежным доходам. Зафиксировано последовательное снижение количества проводимого времени работающего населения за работой, которая является для населения как источником доходов с соответствующими им благами, так и источником стрессогенных факторов, таких как ненормативные условия труда, нарушение режима труда и отдыха, межличностные конфликты и т.д. Так, за 2010–2020 гг. на 0,37 % снизилась доля населения, рабочее время которых превышает 40 ч в неделю, то есть снизилось количество людей с нарушениями режима труда и отдыха, в том числе с аддиктивными формами (трудоголизм) [3], которые в большей степени подвержены негативным факторам, связанным с условиями труда. Вместе с данным показателем уменьшилось и среднее время работы трудящихся с 38,19 ч в неделю в 2010 г. до 37,86 ч в 2020 г. (средний темп убыли составил 0,47 %). По законодательству РФ общее количество рабочего времени в неделю не должно превышать 40 ч в неделю, за исключением ряда категорий работающих, что является оптимальным количеством с точки зрения эргономики и физиологии трудового процесса [9].

К позитивным тенденциям стоит отнести увеличение за рассматриваемый промежуток времени доли расходов консолидированных бюджетов на социальную политику с 17,6 до 21,3 % (средний темп прироста – 21,02 %). Дополнительная поддержка населения, в том числе его наиболее уязвимой части (нетрудоспособные), может выступать фактором снижения социального стресса и поддержания общественного здоровья. За период 2010–2020 гг. установлено увеличение такого фактора социального стресса, как количество разводов супружеских пар на 1000 зарегистрированных браков (темп прироста – 39,4 %). Зарегистрированная динамика отражает неустойчивость института семьи и брака в последнее время, что может дополнительно оказывать стрессорное воздействие на общественное здоровье, так как с распадом брачных отношений связан комплекс негативных факторов, таких как ухудшение материального положения, развитие психосоматических состояний и расстройств, снижение адаптационных и мотивационных возможностей и т.д. [8]

В 2020 г. установлено снижение числа зарегистрированных преступлений на 100 тыс. населения: с 1840 $^{0}/_{0000}$ в 2010 г. до 1399 $^{0}/_{0000}$ (темп убыли – 23,97 %). Неблагополучная криминогенная обстановка является фактором социального стресса, в том числе прямого влияния на показатели популяционного здоровья (насильственные действия), снижение которого однозначно позитивно отражается на здоровье населения.

За период 2019–2020 г. по некоторым анализируемым показателям социального стресса установлены наиболее высокие темпы прироста относительно темпов прироста по другим годам: соотношение разводов к бракам (на 1000 браков) – 12,25 % (3-е место в ряду), число зарегистрированных преступлений – 1,45 % (3-е место в ряду), доля занятого населения, рабочее время которого превышает 40 ч в неделю, – 2,03 % (3-е место в ряду). В данном случае вероятностно могла повлиять неблагоприятная санитарно-эпидемиологическая обстановка 2020 г. и эффекты от ее влияния на другие сферы жизнедеятельности.

В целом результаты прогнозирования показателя ОПЖ населения РФ на основе сценарных условий изменения рассматриваемых факторов социального стресса, представленные в табл. 3, показали положительное совокупное влияние факторов социального стресса от их изменения.

Из всей группы анализируемых показателей, характеризующих социальный стресс, однозначно во всех сценариях показали себя такие показатели, как число зарегистрированных преступлений ($^{0}/_{0000}$), уменьшение которого при любых условиях дает положительный эффект на ОПЖ; показатель – соотношение разводов к бракам (на 1000 браков), при его увеличении показатель ОПЖ также увеличивался при любых сценарных условиях.

Другие показатели демонстрировали вариативность влияния в зависимости от исходных (фоновых) условий (значений других факторов). Так, в условиях базовых значений показателей на уровне 2010 г. было установлено, что снижение уровня социального неравенства, увеличение расходов на социальную политику снижают показатель ОПЖ, а снижение количества рабочего времени, напротив, незначительно увеличивает ОПЖ. Однако в фоновых условиях 2019 г. эффекты от данных показателей менялись диаметрально противоположно. Данный эффект может быть обусловлен различным влиянием комплекса 148 изначальных факторов в 2010 и 2019 гг. Применение сценария «Д», в котором уровень среднедушевых до-

ходов и потребительских расходов населения РФ изначально (на 2019 г.) принят по наилучшим значениям среди субъектов РФ, показало, как сглаживаются эффекты влияния показателей на ОПЖ относительно сценария «Г» (см. табл. 3). Например, людям нет необходимости перерабатывать и ухудшать свое здоровье при большем уровне базового дохода. Также при более высоком уровне дохода снижение количества разводов в меньшей степени снижает показатель ОПЖ, что может указывать на связь между данными показателями. Кроме того, установлено, что при увеличении среднедушевых доходов, необходимость в увеличении затрат на социальную политику также снижается.

Таблица 3

Результаты прогнозирования изменения показателя ОПЖ населения РФ на основе ряда сценарных условий, дни

Показатель	Сценарий «А»	Сценарий «Б»	Сценарий «В»	Сценарий «Г»	Сценарий «Д»
Коэффициент Джини, %	–7,2	–7,2	1,6	14,9	22,6
Доля занятого населения, рабочее время которых превышает 40 часов в неделю, %	0,4	0,4	0	–44,1	–39,9
Отработано в среднем на одного занятого в неделю часов	1,0	1,0	–2,5	27,6	34,8
Доля расходов консолидированных бюджетов на социальную политику, %	–3,7	–3,7	13,4	35,4	30,6
Соотношение браков и разводов (на 1000 браков приходится разводов)	18,7	18,7	20,7	–24,3	–22,2
Число зарегистрированных преступлений на 100 тыс. человек населения	29,4	29,4	3,6	28,5	28,6
От всех факторов в совокупности	+461,9*	+41,7	+35,6	+65,3	+73,0

Примечание: * – значение от всей группы социально-демографических показателей.

Результаты прогноза показателя ОПЖ по сценарию «А» показали, что в целом группа социально-демографических показателей находилась на втором ранговом месте (462 дня) по степени влияния на ОПЖ после показателей образа жизни (516 дней) за период 2010–2019 гг. Сценарий «Б» позволил установить эффект влияния только анализируемых показателей социального стресса (+42 дня) за данный период. Сценарий «В» показал, что при текущих тенденциях изменения показателей до 2024 г. потенциал роста ОПЖ от анализируемых показателей социального стресса уменьшится (+36 дней), при этом в случае достижения наилучших значений данных показателей по сценарию «Г» возможен еще больший эффект (+65 дней).

Выводы. Таким образом, на основании проведенного исследования можно сформулировать ряд выводов:

1. За период 2010–2020 гг. на уровне РФ установлены положительные тенденции изменения показателей, характеризующих социальный стресс населения. За анализируемые 11 лет снизился коэффициент Джини (-3,6 %), увеличилась доля

консолидированных бюджетов (+2,3 %), снизилось количество зарегистрированных преступлений (-2,6 %). Установлено увеличение количества разводов на 3,7 %.

2. Одни из наиболее выраженных темпов прироста по некоторым показателям социального стресса приходились на период 2019–2020 гг.: соотношение разводов к бракам (на 1000 браков) – 12,25 % (3-е место в ряду), число зарегистрированных преступлений – 1,45 % (3-е место в ряду), доля занятого населения, рабочее время которого превышает 40 ч в неделю, – 2,03 % (3-е место в ряду). В данном случае вероятностно могла повлиять неблагоприятная санитарно-эпидемиологическая обстановка 2020 г. и эффекты от ее влияния на другие сферы жизнедеятельности.

3. По результатам нейросетевого моделирования на основе ретроспективных данных было установлено, что показатели социально-демографической группы оказывали один из наиболее значимых эффектов на ОПЖ (462 дня – 2-е ранговое место) за период 2010–2019 гг. На период трендовых изменений анализируемых показателей социального стресса до 2024 г. ожидается рост ОПЖ на 36 дней, в то время как в прошлую декаду оценочный эффект от данных факторов составил 42 дня, что указывает на достаточные возможности увеличения ОПЖ за счет улучшения показателей социального стресса.

4. По результатам сценарного прогнозирования показателя ОПЖ выявлено, что эффекты влияния показателей социального стресса вариативно изменятся в зависимости от внешних по отношению к ним условий, в частности от уровня среднедушевых доходов населения, что указывает на важность комплексного рассмотрения влияния факторов среды обитания и образа жизни на общественное здоровье.

К перспективам дальнейшей работы в данном направлении можно отнести расширение области определения модели за счет актуализации имеющейся базы данных, анализ влияния на ОПЖ других сочетаний факторов, получение региональных оценок с установлением их особенностей, оценка влияния неблагоприятной санитарно-эпидемиологической обстановки 2020 г.

Список литературы

1. Бахтин Ю.К. Факторы формирования здоровья человека и их значение // Молодой ученый. – 2012. – Т. 5, № 40. – С. 397–400.

2. Величковский Б.Т. Социальная биология человека // Вестник РГМУ. – 2013. – № 5–6. – С. 9–18.

3. Колпакова М.А. Трудоголизм как аддикция // БМИК. – 2014. – № 11. – С. 1202

4. Менеджмент риска. Руководство по менеджменту психосоциального риска на рабочем месте [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200108135 (дата обращения: 30.03.2022).

5. МР 2.1.10.0269–21. Определение социально-гигиенических детерминант и прогноз потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации с учетом региональной дифференциации. – М., 2021. – 113 с.

6. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 [Электронный ресурс]. – URL: https://rg.ru/2020/07/22/ukaz-dok.html (дата обращения: 30.03.2022).

7. Оценка влияния социально-экономических факторов на здоровье населения и использование ее результатов при принятии управленческих решений по обеспечению

санитарно-эпидемиологического благополучия населения (на примере Свердловской области) / Т.М. Дерстуганова, Б.Т. Величковский, В.Б. Гурвич [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 2. – С. 49–56.

8. Социально-медицинские факторы риска реализации матримониального поведения / Т.Н. Каменева, И.Э. Надуткина, М.В. Селюков [и др.] // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2019. – № 5. – С. 853–857.

9. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/bd14cccf0a1f074ef104e82522f7e2dea04d651f/ (дата обращения: 30.03.2022).

10. Determinants of inequalities in life expectancy: an international comparative study of eight risk factors / J.P. Mackenbach, J.R. Valverde, M. Bopp [et al.] // The Lancet. Public Health. – 2019. – Vol. 4, № 10. – P. E529–E537. DOI: 10.1016/S2468-2667(19)30147-1

Динамика заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований в Республике Башкортостан в 2017–2021 гг.

Н.Х. Давлетнуров, А.А. Казак, Г.Я. Пермина

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Башкортостан, г. Уфа, Россия

Представлены статистические и эпидемиологические данные о заболеваемости различных групп населения Республики Башкортостан злокачественными новообразованиями, а также смертности от них в связи с изменением качества среды обитания человека.

Ключевые слова: злокачественные новообразования, заболеваемость, болезненность, смертность, факторы среды обитания человека.

Во всем мире наблюдается устойчивая тенденция роста новых случаев злокачественных новообразований. С одной стороны, это объясняется более эффективными методами ранней диагностики, а с другой – старением населения, экологическими и экономическими причинами.

Общеизвестно, что ряд химических веществ, производственных процессов, физические факторы – ионизирующее и ультрафиолетовое излучения, некоторые экзогенные вирусы, а также следствие образа жизни, вредных привычек (неправильное питание, злоупотребление алкоголем, курение и др.) являются этиологическими факторами новообразований человека. К настоящему времени с развитием промышленности и освоением территорий произошли демографические и экологические изменения, что увеличивает онкогенную напряженность в Республике Башкортостан (РБ). Анализ систематизированной информации о состоянии окружающей среды и природных ресурсов позволяет говорить о неблагоприятной

экологической обстановке, свидетельствует о том, что складывающаяся под воздействием комплекса антропогенных и природных факторов, а также мер государственного регулирования природопользования экологическая ситуация оказывает прямое и опосредованное влияния на развитие онкоэпидемиологических процессов в популяции [2].

Заболеваемость злокачественными новообразованиями и смертность от них имеют огромное социально-экономическое значение для РБ. Кроме того, злокачественные новообразования являются экологически индикаторной патологией, высокоинформативным и социально значимым показателем состояния здоровья популяции в целом. Особенно актуальна в настоящее время проблема сохранения здоровья подрастающего поколения, когда увеличивается число факторов, неблагоприятно действующих на организм, в результате чего в последние десятилетия отмечаются «омоложение» данной категории заболеваемости и смертности от них, возрастание доли инвалидов вследствие онкологического заболевания в общей численности лиц, впервые признанных инвалидами. Этот факт, прежде всего, связан с антропогенными изменениями внешней среды и формированием негативных стереотипов образа жизни [4].

РБ является одним из ведущих индустриальных и сельскохозяйственных регионов РФ. РБ – один из основных нефтедобывающих регионов страны, центр химической промышленности и машиностроения. Ведущими отраслями специализации являются топливная промышленность, химия и нефтехимия, электроэнергетика, металлургия, машиностроение, сельскохозяйственная, легкая и пищевая промышленности. В большинстве случаев их воздействие связано с загрязнением окружающей среды (атмосферного воздуха, питьевой воды, почвы, продовольственного сырья и продуктов питания) полициклическими ароматическими углеводородами, ароматическими аминами, аминоазосоединениями, нитроаренами, нитрозосоединениями, тяжелыми металлами и их соединениями, волокнистыми и неволокнистыми силикатами и радионуклидами. Данные соединения, поступая в организм, оказывают токсическое, канцерогенное и мутагенное действия. Рост заболеваемости злокачественными новообразованиями среди населения РБ зависит от состояния окружающей среды. В РБ пагубное влияние на состояние здоровья оказывает плохая экологическая обстановка, обусловленная деятельностью предприятий нефтяной, нефтеперерабатывающей промышленности, горнодобывающего и горно-обогатительного производства. На здоровье сельских жителей влияет широкое применение в сельскохозяйственном производстве химических удобрений, гербицидов и т.д. [3].

Экологическая и медико-демографическая ситуации на территории РБ свидетельствуют о том, что обстановка в промышленных центрах продолжает характеризоваться относительным неблагополучием, сформировавшимся не столько в результате кризисных явлений в экономике, сколько вследствие накопленных за многие десятилетия структурных деформаций хозяйственной деятельности, приведших к чрезмерной концентрации производства в городах, падению технологической дисциплины, использованию устаревшей технологии [7].

Средние уровни показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями, рассчитанные для указанного периода, в различных муниципальных образованиях Республики Башкортостан значительно отличались: более высокие показатели заболеваемости характерны для крупных промышленных центров и территорий со значительным удельным весом лиц пожилого и старческого возрастов.

Цель исследования – изучение заболеваемости и смертности населения от злокачественных новообразований по показателям социально-гигиенического мониторинга в Республике Башкортостан и профилактика злокачественных заболеваний.

Материалы и методы. Исследования проводились по данным ГАУЗ «Республиканский клинический онкологический диспансер» Минздрава РБ (форма № 7 «Сведения о злокачественных новообразованиях»), данным и показателям регионального и федерального информационных фондов социально-гигиенического мониторинга за 2017–2021 гг.

Результаты. По результатам лабораторных исследований факторов среды обитания, проводимых в рамках социально-гигиенического мониторинга (СГМ), в течение 2017–2021 гг. на территории РБ (кроме г. Сибай) не выявлено случаев высокого и экстремально высокого загрязнения питьевой воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, почвы, продуктов питания и продовольственного сырья, а также радиационного загрязнения, не были зарегистрированы и экологически обусловленные заболевания, связанные с загрязнением окружающей среды. Но вместе с тем, несмотря на общие положительные тенденции, остаются актуальными отдельные проблемы:

– высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха – от 1,1–5,0 ПДК (в городах Салавате, Стерлитамаке, Благовещенске, Уфе, Ишимбае, Туймазах, Уфимском районе), более 5,0 ПДК (в городах Уфе, Стерлитамаке, Салавате) – такими загрязняющими веществами, как аммиак, взвешенные вещества, гидроксибензол, гидрохлорид, дигидросульфид, диметилбензол, диоксид азота, изопропилбензол, оксид азота, оксид углерода, серы диоксид, формальдегид, хлорбензол, этенилбензол, этилбензол, под потенциальным воздействием которых проживает около 1,4 млн человек, или 34,0 % жителей РБ;

– питьевая вода в отдельных населенных пунктах РБ не соответствует гигиеническим нормативам по жесткости, железу, барию, дихлорметану (включая хлорное), кремнию, литию, мутности, свинцу, селену, стронцию, сульфатам (по SO_4), нитратам (по NO_3), окисляемости перманганатной, общей минерализации (сухой остаток), показателям микробиологического загрязнения, под потенциальным воздействием которых проживает около 156,0 тыс. человек, или 7,7 % жителей РБ;

– население отдельных муниципальных образований РБ (около 200,0 тыс. человек) проживает в условиях повышенного уровня загрязнения почвы селитебной территории тяжелыми металлами (мышьяк, цинк);

– низкие в сравнении с РФ расходы на здравоохранение, образование, особенно в отдельных муниципальных образованиях РБ, среднедушевой доход и установленный прожиточный минимум [5].

Одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на формирование структуры алиментарно-зависимой заболеваемости, является эндемичность региона по йоду и другим микроэлементам. Вся территория РБ является геохимической провинцией с недостатком микроэлементов фтора и йода. Восточная и юго-восточная части РБ, а это семь районов, являются естественными геохимическими провинциями с избытком железа, марганца, хрома, меди. Кроме того, для территории РБ характерен дефицит такого микроэлемента, как селен. Нарушение биохимического состава почвы приводит к изменению содержания в воде, растениях, орга-

низме животных и человека таких важных микроэлементов, как йод, кобальт, фтор, марганец, бор, стронций, и многих других. Помимо этого в почве накапливаются болезнетворные микроорганизмы, яйца и личинки червей, паразитирующих в организме человека и животных и вызывающих различные заболевания.

Эти данные свидетельствуют о необходимости масштабного развертывания профилактических мероприятий. В современном здравоохранении профилактика представляет собой наиболее целесообразную с экономической точки зрения долгосрочную стратегию борьбы против рака. По оценкам специалистов, до 80,0 % причин и факторов риска возникновения рака можно устранить, однако профилактические меры должны быть комплексными и постоянными. К развитию онкологических заболеваний могут привести много причин и способствующих факторов, длительно действующих на организм, к их числу также относится курение, особенности питания и образа жизни.

К числу факторов, оказывающих прямое, косвенное или опосредованное влияние на динамику и структуру заболеваемости злокачественными новообразованиями, следует отнести как факторы окружающей среды (природные, антропогенные, природно-антропогенные), так и социально-экономические и демографические факторы, в том числе депопуляцию и старение населения. В РБ 19,6 % населения находится в нетрудоспособном возрасте (старше 60 лет), а, как известно, возрастной фактор существенно влияет на риски злокачественных новообразований, и уровень заболеваемости достигает пика в группе населения после 70 лет. Антропогенные факторы оказывают определяющее влияние на заболеваемость злокачественными новообразованиями, что проявляется в снижении адаптационных возможностей организма.

В настоящее время онкологическая служба РБ работает в сложных условиях в связи с широким распространением коронавирусной инфекции (COVID-19) среди населения РБ. Были значительно ограничены возможности онкоскрининга, приостановлено проведение мероприятий диспансеризации определенных групп взрослого населения, увеличена нагрузка на систему оказания онкологической помощи в целом, что привело к снижению показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями за счет выявляемости.

По данным РКОД МЗ РБ на учете в 2021 г. состояло 98 175 человек, или 2,14 % от общей численности населения РБ. «Грубый» показатель заболеваемости злокачественными новообразованиями на 100 тыс. населения в РБ составил 293,1 (в 2017 г. – 334,2), что на 7,2 % выше уровня 2020 г. и на 12,3 % выше уровня 2017 г. (таблица, рисунок) [6].

Динамика заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований в РБ в 2017–2021 гг., на 100,0 тыс. населения

Показатель	Год					Средний за 2017–2021 гг.	Темп прироста в 2021 г. в сравнении, %	
	2017	2018	2019	2020	2021		со средним (2017–2021 гг.)	с 2017 г.
Болезненность	1982,7	2067,1	2143,8	2136,6	2135,5	2093,1	+2,0	+7,7
Заболеваемость	334,2	322,3	345,8	273,4	293,1	313,8	-6,6	-12,3
Смертность	178,6	181,2	177,1	175,7	154,4	173,4	-11,0	-13,5

Рис. Динамика заболеваемости, смертности и болезненности злокачественными новообразованиями в РБ в 2017–2021 гг., на 100,0 тыс. населения

В муниципальных образованиях РБ этот показатель варьируется от 166,3 (Абзелиловский район) до 415,2 (Стерлибашевский район). Болезненность злокачественными новообразованиями в 2021 г. осталась практически на уровне 2020 г. (снижение на 0,5 %), за 5 лет выросла на 7,7 % и составила 2135,5 на 100 тыс. населения (2017 г. – 1982,7), в муниципальных образованиях РБ варьируется от 1077,9 (Баймакский район) до 3019,9 (г. Салават). Смертность от злокачественных новообразований за 5 лет снизилась на 11,5 % и составила в 2021 г. 156,9 на 100 тыс. населения, в муниципальных образованиях РБ варьируется от 77,0 (г. Межгорье) до 242,2 (Ермекеевский район).

55,9 % или 83 992 пациента (2020 г. – 58,0 %) со злокачественными новообразованиями, находившиеся под наблюдением в онкологических учреждениях, состояли на учете 5 лет и более. Диагноз злокачественного новообразования был подтвержден морфологически в 94,4 % случаев (2017 г. – 87,4 %), наиболее низкий удельный вес морфологической верификации диагноза наблюдается при опухолях поджелудочной железы (58,8 %), печени (63,8 %), почки (86,0 %), трахеи, бронхов, легкого (86,9 %), мочевого пузыря (91,0 %) и предстательной железы (91,5 %).

Ведущими локализациями в общей (оба пола) структуре онкологической заболеваемости являются: молочная железа (14,4 %), трахея, бронхи, легкое (10,7 %), другие новообразования кожи (8,9 %), ободочная кишка (7,5 %), предстательная железа (7,1 %), прямая кишка, ректосигмоидные соединения, анус (6,6 %), желудок (6,4 %), тело матки (4,3 %), лимфатическая и кроветворная ткань (3,1 %), яичник, шейка матки, поджелудочная железа (по 2,5 %), мочевой пузырь (2,2 %), щитовидная железа (2,1 %). Больные с опухолями кожи без меланомы составляют 2,2 %. Среди больных, наблюдавшихся 5 лет и более, больший удельный вес составляют пациенты с опухолями молочной железы (12,8 %), тела матки (4,6 %), почки (3,7 %), шейки матки (3,4 %), лимфатической и кроветворной ткани (3,3 %), ободочной кишки (3,1 %), предстательной железы, прямой кишки, ректосигмоидного соединения, ануса (по 3,0 %), желудка (2,2 %), щитовидной железы (2,2 %), трахеи, бронхов, легкого (1,8 %), мочевого пузыря (1,7 %).

Первые места в структуре заболеваемости злокачественными новообразованиями мужского населения РБ распределены следующим образом: опухоли трахеи,

бронхов, легкого (18,5 %), предстательной железы (14,9 %), кожи (7,3 %, с меланомой – 8,3 %), желудка (8,3 %), прямой кишки, ректосигмоидного соединения, ануса (8,0 %), ободочной кишки (7,2 %), почки (4,9 %), мочевого пузыря (3,8 %), лимфатической и кроветворной ткани (3,2 %), пищевода (3,1 %), поджелудочной железы (2,7 %). Значимую по удельному весу группу у мужчин формируют злокачественные опухоли органов мочеполовой системы, составляя 24,2 % всех злокачественных новообразований. Рак молочной железы (27,2 %) является ведущей онкологической патологией у женского населения, далее следуют злокачественные новообразования кожи (10,3 %, с меланомой – 11,5 %), тела матки (8,1 %), ободочной кишки (7,7 %), прямой кишки, ректосигмоидного соединения, ануса (5,3 %), яичника (4,7 %), шейки матки (4,7 %), желудка (4,6 %), трахеи, бронхов, легкого (3,6 %), щитовидной железы (3,3 %), лимфатической и кроветворной ткани (3,0 %).

Таким образом, наибольший удельный вес в структуре онкологической заболеваемости женщин имеют злокачественные новообразования органов репродуктивной системы (49,6 %), при этом опухоли половых органов составляют 18,7 % всех злокачественных новообразований у женщин. Удельный вес злокачественных новообразований органов пищеварения у женщин (23,8 %) ниже аналогичного показателя (31,1 %) у мужчин. У мужчин высокий удельный вес приходится на опухоли органов дыхания (20,9 %), у женщин доля этих опухолей в 5,5 раза ниже (3,8 %).

Максимальное число заболеваний приходится на возрастные группы: 65–69 лет (18,9 %) и 60–64 года (18,5 %): у мужчин – по 21,2 %, у женщин – 16,9 % и 16,2 % соответственно. Различия в возрастной структуре заболеваемости мужского и женского населения проявляются отчетливо после 30 лет. Удельный вес злокачественных новообразований в возрасте 30–49 лет в группе заболевших женщин (5,2 %) выше, чем в группе заболевших мужчин (2,8 %). В возрастной группе 60 лет и старше диагностируются 66,9 % случаев заболевания в мужской и 71,0 % в женской популяциях. Доля злокачественных новообразований у детей (0–14 лет) среди заболевших мужского пола составляет 1,5 % (84 случая), среди заболевших женского пола – 0,6 % (44 случая). Доля злокачественных новообразований у детей (0–17 лет) среди заболевших мужского пола составляет 0,9 % (101 случай), среди заболевших женского пола – 0,8 % (48 случаев). Удельный вес злокачественных новообразований у подростков (15–19 лет) составляет 0,3 % (31 случай).

У всех заболевших в возрасте до 30 лет наиболее часто развиваются гемобластозы (26,4 %), злокачественные опухоли головного мозга и других отделов нервной системы (18,5 %), щитовидной железы (9,2 %), шейки матки (6,0 %), яичника, почки (по 3,7 %), молочной железы (3,2 %), кожи с меланомой, соединительной и других мягких тканей (по 2,8 %). В возрастной группе 30–59 лет наибольший удельный вес имеют злокачественные новообразования молочной железы (20,1 %), трахеи, бронхов, легкого (9,6 %), прямой кишки, ректосигмоидного соединения, ануса (6,0 %), кожи с меланомой (5,8 %), тела матки (5,2 %), почки (5,1 %), шейки матки (4,9 %), желудка (4,7 %), яичника (4,2 %), кроветворной и лимфатической ткани (3,6 %), щитовидной железы (3,5 %), ободочной кишки (5,1 %).

В структуре заболеваемости лиц пожилого возраста (60 лет и старше) превалируют опухоли кожи с меланомой (12,1 %), трахеи, бронхов, легкого (11,4 %), молочной железы (12,0 %), ободочной кишки (8,8 %), желудка (7,3 %), прямой кишки, ректосигмоидного соединения, ануса (7,1 %), почки (3,3 %), поджелудочной желе-

зы (2,9 %). Удельный вес гемобластозов в структуре заболеваемости лиц молодого возраста (0–29 лет) выше у мужчин (34,0 %), чем у женщин (20,2 %), что связано, прежде всего, с высокой частотой встречаемости у молодых женщин злокачественных опухолей головного мозга и других отделов ЦНС (18,5 %), шейки матки (10,9 %), щитовидной железы (8,3 %), яичника (6,7 %), молочной железы (5,9 %), кожи с меланомой (2,5 %).

Структура заболеваемости злокачественными новообразованиями мужчин в возрасте 30–59 лет принципиально отличается от структуры заболеваемости женщин того же возраста. У мужчин доминируют новообразования трахеи, бронхов, легкого (7,8 %), почки, лимфатической и кроветворной ткани (по 3,6 %), прямой кишки, ректосигмоидного соединения, ануса (3,4 %), желудка (3,2 %), ободочной кишки, кожи с меланомой (по 2,6 %), У женщин – опухоли молочной железы (20,1 %), тела матки (5,2 %), шейки матки (4,9 %), яичника (4,2 %), кожи с меланомой (3,2 %), щитовидной железы (3,0 %), прямой кишки, ректосигмоидного соединения, ануса (2,6 %), ободочной кишки (2,5 %). В возрастной группе 60 лет и старше у мужчин доминируют опухоли предстательной железы, трахеи, бронхов, легкого (по 9,5 %), кожи с меланомой (4,6 %), желудка (4,4 %), прямой кишки, ректосигмоидного соединения, ануса (4,1 %), ободочной кишки (3,9 %), мочевого пузыря (2,1 %), у женщин – опухоли молочной железы (11,9 %), кожи с меланомой (7,5 %), ободочной кишки (4,9 %), тела матки (3,8 %), желудка (2,9 %), трахеи, бронхов, легкого (2,1 %).

В 2021 г. в РБ взято на диспансерный учет больных с впервые в жизни установленным диагнозом злокачественного новообразования 10 507 человек (2017 г. – 12 528). Заболеваемость за 5 лет снизилась на 12,3 % и составила 293,1 на 100,0 тыс. населения (2017 г. – 334,2).

В структуре смертности населения РБ злокачественные новообразования в 2021 г. заняли 3-е место – 9,6 % (2020 г. – 12,1 %; 2-е место) после болезней системы кровообращения – 32,7 % (2020 г. – 38,1 %) и болезней органов дыхания – 13,2 % (2020 г. – 11,8 %; 3-е место), опередив коронавирусную инфекцию, вызванную COVID-19, – 9,0 % (2020 г. – 1,7 %; 9-е место), смерть по неустановленным причинам – 6,5 % (2020 г. – 1,9 %; 5-е место), травмы и отравления – 5,0 % (2020 г. – 6,7 %; 4-е место). От новообразований умерло 6383 человека, или 159,3 на 100,0 тыс. населения, из них от злокачественных новообразований – 6188 человек, или 154,4 на 100,0 тыс. населения (2017 г. – 7355 человек, или 180,9 на 100 тыс. населения), за 5 лет показатель снизился на 17,2 %.

Следует отметить, что в период пандемии, как в РФ, так и в РБ, снизилась выявляемость онкологических заболеваний, но выросло число запущенных случаев, так как режим изоляции и локдауны мешали гражданам обращаться за консультацией к врачам и проходить диспансеризацию или профилактические осмотры.

Анализ показателей РИФ СГМ выявил муниципальные образования РБ, в которых в 2017–2021 гг. (средние значения) зарегистрированы высокие уровни заболеваемости и смертности населения от злокачественных новообразований.

Средние уровни показателей заболеваемости больных онкологическими заболеваниями, рассчитанные для указанного периода, в различных муниципальных образованиях РБ значительно отличались: более высокие показатели заболеваемости характерны для сельских районов, крупных промышленных центров и территорий со значительным удельным весом лиц пожилого и старческого возрастов.

В муниципальных образованиях РБ показатель варьируется от 188,9 (Абзелиловский район) до 431,9 (Стерлибашевский район) на 100 тыс. населения. Наиболее высокие показатели заболеваемости населения злокачественными новообразованиями в 2021 г. (в 1,1–1,4 раза) отмечены в Чекмагушевском (396,8), Альшеевском (386,4), Мелеузовском (378,8), Кушнаренковском (367,2), Давлекановском (365,7), Аургазинском (364,9), Краснокамском (364,6), Кигинском (362,2) районах, г. Кумертау (361,0), Бижбулякском (360,8), Куюргазинском (358,8), Илишевском (343,8), Буздякском (342,4), Ермекеевском (339,8), Аскинском (338,1), Кугарчинском (330,3), Гафурийском (329,6), Бакалинском районах (320,6), г. Уфе (314,0) на 100 тыс. населения).

Показатель распространенности злокачественных новообразований в массиве населения РБ в 2021 г. составил 2135,5 на 100 тыс. населения, что выше уровня 2017 г. (1982,7) на 7,7 %, в муниципальных образованиях РБ варьируется от 956,0 (Бурзянский район) до 3157,1 на 100 тыс. населения (г. Салават). Рост данного показателя обусловлен как ростом заболеваемости и выявляемости, так и увеличением выживаемости онкологических больных. Максимальные значения данного показателя отмечены в городах Салавате (3157,1), Кумертау (2505,7), Уфе (2446,2), Агидели (2346,4), Межгорье (2110,2), Стерлитамаке (2100,3), Белорецком (2677,0), Бураевском (2192,6), Альшеевском (2185,7), Миякинском (2185,5), Давлекановском районах (2172,2 на 100 тыс. населения); минимальные – в Бурзянском (956,0), Баймакском (989,5), Абзелиловском (1054,9), Зианчуринском (1212,9) районах.

Одним из основных показателей, определяющих прогноз онкологического заболевания, является степень распространенности опухолевого процесса на момент выявления. В 2021 г. 29,7 % злокачественных новообразований были диагностированы в I стадии заболевания (2017 г. – 29,6 %), во II стадии – 27,8 % (2017 г. – 33,5 %), 22,0 % – в III стадии (2017 г. – 29,1 %), 23,5 % – в IV стадии (2017 г. – 28,2 %). Кроме того, выявляемость больных злокачественными новообразованиями на ранних стадиях опухолевого процесса в РБ характеризуется менее благоприятной картиной, чем по РФ в целом. Было выявлено 185 случаев новообразований в стадии *in situ*, что соответствует 1,57 (2017 г. – 0,82) случаев на 100 впервые выявленных инвазивных опухолей. Рак шейки матки в стадии *in situ* диагностирован в 104 случаях (56,2 случая на 100 впервые выявленных инвазивных злокачественных новообразований шейки матки; 2017 г. – 75,5); молочной железы – 40 и 21,6 соответственно (2017 г. – 22 и 19,6 соответственно).

Заболеваемость злокачественными новообразованиями у детей (0–14 лет включительно) за 5 лет снизилась на 12,9 % и составила в 2021 г. 10,8 на 100 тыс. детского населения (2017 г. – 12,4).

Особенно важными являются данные о заболеваемости злокачественными новообразованиями детей в силу более высокой, чем у взрослых, чувствительности к действию канцерогенных факторов окружающей среды, что объясняется в том числе особенностями их возрастного поведения и более высокими энергетическими затратами и уровнями метаболизма. В 2021 г. в РБ зарегистрировано 84 случая впервые выявленных злокачественных новообразований, или 10,8 на 100 тыс. детского населения (2017 г. – 100, или 12,8 на 100 тыс. детского населения). Заболеваемость злокачественными новообразованиями у детей в РБ за 5 лет снизилась на 18,5 %. На конец 2021 г. состоят под диспансерным наблюдением 714 детей

(2017 г. – 604), умерло от злокачественных новообразований в возрасте до 1 года с момента установления диагноза – 18 детей (2017 г. – 15).

Анализ показателей динамики и структуры злокачественных новообразований населения РБ, в том числе детского, показал достоверный рост заболеваемости и смертности населения от злокачественных новообразований. Загрязнение среды обитания, по данным социально-гигиенического мониторинга, характеризуется сравнительно невысокими уровнями и связано, в основном, с длительным предшествующим антропотехногенным воздействием, в том числе канцерогенным. При этом относительно высокими уровнями заболеваемости и темпами прироста новообразований у детей характеризуются не только крупные промышленные города РБ, относящиеся к территориям риска, такие как Уфа, Стерлитамак, Салават и др., но и отдаленные сельские районы, традиционно считающиеся экологически чистыми [1].

К развитию злокачественной опухоли могут привести много причин и способствующих факторов, длительно действующих на организм, к их числу также относятся курение, особенности питания и образа жизни.

Наиболее эффективными мероприятиями, снижающими онкологическую заболеваемость, являются борьба с курением, изменение питания, снижение ультрафиолетового облучения, массовые профилактические осмотры (скрининг), распространение рекомендаций, повышающих уровень гигиенической культуры населения (санитарно-просветительская работа). Профилактика рака сегодня должна включать, кроме целенаправленных природоохранных мероприятий, направленных на снижение загрязнения среды обитания канцерогенно-опасными веществами, мероприятия по повышению гигиенической культуры населения и мотивации жителей РБ к здоровому образу жизни. Профилактика представляет собой наиболее целесообразную с экономической точки зрения долгосрочную стратегию борьбы против рака. Профилактические мероприятия эффективны вдвойне, поскольку они также способствуют профилактике других хронических болезней, развитие которых обусловлено теми же факторами риска.

Выводы. Таким образом, злокачественные новообразования являются экологически индикаторной патологией, высокоинформативным и социально значимым показателем состояния здоровья популяции в целом. Важными задачами в решении региональных медико-экологических проблем являются: дальнейшее изучение особенностей формирования онкопатологии населения, выявление и комплексная оценка факторов риска для здоровья населения, установление приоритетных факторов формирования здоровья популяции, противораковая просветительская работа среди населения, создание нормативно-правовой и методической основы первичной профилактики рака, прогнозирование эколого-гигиенической ситуации и, как результат, разработка комплекса профилактических мероприятий, основной целью которых является снижение онкологической заболеваемости и смертности населения РБ.

В связи с вышеизложенным предлагаем провести следующие эффективные мероприятия:

– изучение физико-химических и биологических свойств воды, воздуха, почвы, исследование продуктов питания на обследуемых территориях и причин их загрязнения;

– улучшение экологического состояния окружающей среды в зонах с выявленными отклонениями;

– изучение социально-экономических показателей (условий) жизни населения РБ и организация мероприятий по их улучшению;

– выявление и учет предприятий, учреждений, производств, технологических процессов, отдельных цехов и производственных участков, на которых работники могут подвергаться, подвергаются или подвергались воздействию химических канцерогенных факторов, и принятие решений для устранения выявленных нарушений санитарного законодательства;

– проведение гигиенического воспитания и обучения с работниками, занятыми на канцерогенно-опасном производстве;

– улучшение ранней диагностики злокачественных новообразований, повышение онкологической настороженности первичного звена врачей и внедрение четкой маршрутизации в диагностике и лечении больных;

– формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек;

– совершенствование санитарно-просветительской противораковой пропаганды среди населения.

Список литературы

1. Анализ заболеваемости и смертности населения Республики Башкортостан злокачественными новообразованиями / Р.А. Сулейманов, А.Б. Бакиров, Т.К. Валеев [и др.] // Медицина труда и экология человека. – 2019. – № 2 (18). – С. 14–23. DOI: 10.24411/2411-3794-2019-10016

2. Анализ заболеваемости и смертности населения от злокачественных новообразований по показателям социально-гигиенического мониторинга (на примере Республики Башкортостан) / Н.Х. Давлетнуров, Е.Г. Степанов, Г.Я. Пермина, А.С. Жеребцов // 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. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь, 13–15 мая 2020. – С. 341–351.

3. Гигиеническая оценка влияния выбросов предприятий нефтехимии и нефтепереработки на онкологическую заболеваемость населения крупного промышленного центра / З.Б. Бактыбаева, Р.А. Сулейманов, Т.К. Валеев [и др.] // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2020. – № 1. – С. 84–95. DOI: 10.34014/2227-1848-2020-1-84-95.

4. Заболеваемость злокачественными новообразованиями как индикатор медико-экологической безопасности территорий (на примере Республики Башкортостан) / Н.Х. Давлетнуров, Е.Г. Степанов, А.С. Жеребцов, Г.Я. Пермина // Медицина труда и экология человека. – 2017. – № 2 (10). – С. 53–64.

5. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году по Республике Башкортостан: материалы к государственному докладу. – Уфа: Управление Роспотребнадзора по Республике Башкортостан, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан», 2022. – 277 с.

6. Основные показатели онкологической службы Республики Башкортостан за 2021 год. – Уфа: ГБУЗ «Республиканский клинический онкологический диспансер» Минздрава Республики Башкортостан, 2022.

7. Экологическая обусловленность распространения онкологических заболеваний в Республике Башкортостан / Н.Х. Давлетнуров, Е.Г. Степанов, Г.Я. Пермина, А.С. Жеребцов // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. – Пермь, 16–18 мая, 2018. – С. 43–50.

Модификация фагоцитарной активности нейтрофильных гранулоцитов фенольными соединениями природного происхождения на примере 5,7,3´,4´-тетрагидроксифлавона

Д.Г. Дианова[1,2], Т.В. Бомбела[2], О.В. Долгих[1,3,4], А.С. Ширинкина[1]

[1] ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2] ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Минздрава РФ,
[3]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
[4]ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
г. Пермь, Россия

Ухудшение состояния окружающей среды в результате высокой частоты антропогенных и техногенных процессов оказывает негативное влияние на адаптационные возможности организма, что может способствовать формированию заболеваний, в патогенезе которых доминирующее значение имеет дисбаланс показателей врожденного иммунитета. Проведено исследование влияния 5,7,3´,4´-тетрагидроксифлавона на фагоцитарную активность нейтрофильных гранулоцитов в модели *in vitro*. С помощью тестов, основанных на регистрации поглощения объектов фагоцитоза, установлено, что 5,7,3´,4´-тетрагидроксифлавона в концентрации 0,5 мг/мл в опытных образцах статистически значимо ($p = 0{,}021–0{,}012$) на 10 % снижал процент фагоцитоза и на 40 % поглотительную активность профессиональных фагоцитов. Очевидно, обнаруженный у 5,7,3´,4´-тетрагидроксифлавона иммуномодулирующий эффект на показатели врожденного иммунитета предполагает считать перспективным дальнейшее изучение влияния природных флавоноидов на функциональную активность иммунокомпетентных клеток (нейтрофилов).

Ключевые слова: 5,7,3´,4´-тетрагидроксифлавон, врожденный иммунитет, нейтрофил, фагоцитоз.

Загрязнение среды обитания, присутствие в объектах внешней среды патогенной микрофлоры, вредные привычки относятся к факторам, которые в значительной степени обусловливают нарушения механизмов врожденного и адаптивного иммунитета [5]. Нейтрофилы составляют 70 % от общего количества циркулирующих лейкоцитов и играют важную защитную роль при воспалительных и инфекционных заболеваниях. Нейтрофилы первыми мигрируют в очаг воспаления и вызывают деструкцию чужеродного материала. Клетки врожденного иммунитета посредством секреции ряда активных веществ и рецепторов лигандов реализуют запуск активации адаптивного иммунного ответа с привлеченьем иммунокомпетентных клеток в очаг воспаления. Сегодня установлен новый механизм участия нейтрофильных гранулоцитов в иммунном ответе – нетоз [18]. Однако профессиональные фагоциты, выделяя во внеклеточное пространство большое количество провоспалительных цитокинов и хемокинов (IL-1α, IL-1β, IL-6, IL-8 и др.), антимикробных пептидов, внутриклеточных компонентов, сериновых протеаз, генерируя значительное количество активных форм кислорода, способны инициировать и поддерживать хронический воспалительный процесс [2]. Избыточная активность нейтрофилов отмечена в патогенезе развития псориаза, некоторых лейкозов, синдроме повышенной вязкости крови, нейтрофильной астме, хронической обструктивной болезни легких, рассеянном склерозе, муковисцидозе, при использовании кортикостероидов [2, 7, 9, 12, 13, 17]. С возрастом человека фагоцитарная способность нейтрофилов снижается, уменьшается их возможность образовывать внеклеточные ловушки, вместе тем отмечается интенсификация образования активных форм кислорода (ROS) данными клетками [17]. ROS выполняют ключевую роль в клеточных процессах и процессах развития многоклеточного организма, однако снижение уровня активных форм кислорода или их гиперпродукция обусловливают нарушение работы клеток, в том числе клеток врожденного и адаптивного иммунитета. Дисфункция иммунной системы может быть причиной напряженности адаптационных механизмов или пусковым сигналом для развития патологических процессов в организме. Биологически активные вещества растений, а именно фенольные соединения, содержащие в своей структуре фрагмент дифенилпропана (С6–С3–С6), в том числе производные 2-фенилхромона (флавон), одним из представителей которых является 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавон (лютеолин), имеют определенное значение в приспособлении организма к условиям среды [4, 8]. Обнаружено модифицирующее действие флавоноидов на *трансдукцию сигнала* через тирозинкиназные рецепторы, активность сериновых протеаз, продукцию цитокинов, пролиферативную активность клетки и реализацию клеточной гибели. Доказан протективный эффект флавоноидов от негативного избыточного воздействия ROS на клетку. Наличие иммуномодулирующей, противовоспалительной, антиоксидантной активности у фенольных соединений, содержащих в своей структуре фрагмент дифенилпропана, рассматривается как перспектива их использования для коррекции адаптационных возможностей организма к изменяющимся условиям внешней среды [1, 6, 10, 15].

Очевидно, нейтрофилы отвечают не только за развитие механизмов врожденного иммунитета, но и участвуют в активации адаптивного иммунного ответа. Между тем их избыточная активность способствует развитию хронического воспаления, что делает актуальным и перспективным изучение модифицирующего влияния химических веществ различного происхождения на функциональной активности нейтрофилов.

Цель исследования – оценить влияние 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона на фагоцитарную активность клеток периферической крови человека *in vitro*.

Материалы и методы. При выполнении исследования учтены требования, изложенные в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы медицинских исследований с участием человека в качестве испытуемого» (1964, 2013). Информированное согласие на участие в исследовании и использование персональных данных подписано всеми участниками исследования.

Оценку фагоцитарной активности лейкоцитов периферической (венозной) крови выполняли с помощью тестов, основанных на регистрации поглощения объектов фагоцитоза [3]. В качестве объектов фагоцитоза использовали диагностикумы на основе формализированных эритроцитов барана. Рассчитывали процент фагоцитоза, фагоцитарное число (ФЧ).

Для изучения иммуномодулирующего эффекта использовали образец *Luteolin (5,7,3′,4′-tetrahydroxyflavone)* фирмы Sigma-Aldric, содержание основного вещества ≥ 98 % (CAS 49-70-3) в системе *in vitro*; для определения поглотительной активности фагоцитов отобрано 10 проб венозной крови у мужчин молодого возраста. Контрольные пробы – пробы без добавления 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона ($n = 10$), опытные пробы – пробы с добавлением 10 мкл 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона в концентрации 0,5 мг/мл ($n = 10$).

Статистическая обработка полученных результатов выполнена с использованием программы Statistica 6.0 (StatSoft). Для описания полученных количественных признаков данные представлены в виде *M (m)* 95 % ДИ, где *M* – среднее арифметическое; *m* – стандартная ошибка среднего арифметического; 95 % ДИ – 95%-ный доверительный интервал для среднего. Для оценки значимости различий независимых групп использовали парный критерий Стьюдента. Уровень значимости, на котором выполнена проверка нулевых гипотез, принимался равным 0,05.

Результаты. Оценка результатов выявила статистически значимое ($p = 0{,}021$) в 1,1 раза ингибирование фагоцитоза в опытных образцах (таблица). Установлено статистически значимое ($p = 0{,}012$) снижение в 1,4 раза фагоцитарного числа после внесения в опытные пробы 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона.

Сравнительная характеристика показателей фагоцитоза
(спонтанного и индуцированного 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавоном *in vitro*)

Показатель	Референтный интервал	Проба без добавления 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона, $n = 10$		Проба с добавлением 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона, $n = 10$		t	p
		M (m)	95 % ДИ	*M (m)*	95 % ДИ		
Фагоцитоз, %	35,00–60,00	50,60 (3,74)	43,26–57,94	47,00 (4,19)	38,79–55,21	2,62	0,021
Фагоцитарное число, усл. ед.	0,8–1,2	1,45 (0,09)	1,26–1,64	1,02 (0,10)	0,81–1,23	3,13	0,012

В образцах крови без добавления 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона доля проб с превышениями процента фагоцитоза по сравнению с референтными значениями составила 20 % (2 пробы) против 10 % (одна проба) после внесения 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона. Установлено, что в контрольных образцах доля проб с пониженными значениями процента фагоцитоза относительно референтного диапазона составила 10 % (одна проба) против 20 % (2 пробы) в опытных образцах. В кон-

трольных и опытных образцах доля проб со значительным снижением фагоцитарного числа по сравнению с референтным уровнем составил по 20 % (по 2 пробы). Доля проб с завышенным значением фагоцитарного числа относительно референтного интервала в пробах без добавления 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона составила 50 % (5 проб), что в 1,7 раза выше аналогичного показателя в пробах после добавления 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона – 30 % (3 пробы).

Иммунный ответ и связанное с ним воспаление в очаге поражения выполняет два противоположных эффекта. Образование гранулем обусловливает ограничение распространение возбудителя, однако значительное накопление и избыточная активация фагоцитирующих клеток, для которой характерно повышение уровня лизосомальных ферментов, активных форм кислорода и азота, гиперпродукция провоспалительных интерлейкинов, факторов роста и других медиаторов воспаления, что вовлекает в очаг воспаления клетки микроокружения гранулемы и обусловливает хронизацию воспалительного процесса.

Фагоциты имеют специальные мембранные рецепторы шаблонного распознавания (паттернраспознающие рецепторы, PRR). Данные рецепторы реагируют с антигенными шаблонами, итогом такого взаимодействия является экспрессия ряда генов, кодирующих структуру провоспалительных белков. Результатом связывания PRR с антигенным лигандом является генерация в фагоцитах биохимического сигнала опасности. Данный сигнал активирует сигнальный путь NF-κB и вызывает процесс поглощения чужеродного материала. Активация ядерного фактора κB приводит к высвобождению таких провоспалительных цитокинов, как TNF-α, IL-1β, IL-6 и других. Интенсивность клеточного ответа зависит от состава и дозовой нагрузки лиганда. Установлено, что в системе *in vivo* 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавон блокирует NFκB-зависимый сигнальный каскад, что, в свою очередь, *ингибирует NF-κB*- транскрипцию провоспалительных генов TNF-α, IL-6, а также молекул межклеточной адгезии, подавляет продукцию iNOS и COX-2 [16]. Блокируя фосфорилирование Akt, 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавон предотвращает активацию NF-κB. Активированные лейкоциты продуцируют активные формы кислорода и протеазы, что приводит повышению проницаемости сосудов и повреждению тканей. В моделях *in vitro* продемонстрировано, что внесение 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона в *бронхоальвеолярную лаважную жидкость* значительно снижает хемотаксис нейтрофилов, изменяет активность цГМФ-зависимых сигнальных систем [14]. Нейтрофилы, выделенные из периферической крови человека, предварительно обрабатывали либо *форбол-12-миристат-13-ацетатом,* либо *формил-метионил-лейцил-фенилаланином,* затем данную культуру инкубировали с добавлением 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона. Внесение 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона дозозависимо подавляло продукцию супероксида нейтрофильными лейкоцитами [11]. Учитывая огромный арсенал секретируемых ферментов, цитокинов, хемокинов и рецепторов лигандов, нейтрофилы играют важную роль в инициации и поддержании хронического воспаления. Хронические заболевания, как правило, имеют продолжительное течение и являются результатом воздействия комбинации генетических, физиологических, экологических и поведенческих факторов.

Выводы. Установлено, что в системе *in vitro* внесение в пробы периферической крови 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона (лютеолин) в концентрации 0,5 мг/мл вызывает статистически значимое ($p = 0{,}012–0{,}021$) ингибирование фагоцитоза в 1,1 раза и в 1,4 раза снижение поглотительной способности профессиональных фагоцитов. Контрпродуктивная реакция иммунной системы в условиях воздействия

фенольных соединений природного происхождения (на примере 5,7,3´,4´-тетрагидроксифлавона) повышает вероятность развития заболеваний, в патогенезе которых доминирующее значение может принадлежать нарушению фагоцитарной активности нейтрофильных гранулоцитов.

Список литературы

1. Изучение антиоксидантной и мембранотропной активности лютеолина с использованием различных модельных систем / А.М. Попов, А.Н. Осипов, Е.А. Корепанова [и др.] // Биофизика. – 2016. – Т. 61, №. 6. – С. 1079–1087.

2. Роль цитокинов семейства интерлейкина-36 в иммунопатогенезе псориаза / А.Ю. Пашкин, Е.И. Воробьева, В.Р. Хайрутдинов [и др.] // Медицинская иммунология. – 2018. – Т. 20, № 2. – С. 163–170.

3. Руководство по экспериментальному (доклиническому) Р85 изучению новых фармакологических веществ / под ред. Р.У. Хабриева. – М.: Медицина, 2005. – 832 с.

4. Фагоцитарная активность фенольных соединений растительного происхождения (на примере полистробила) / Д.Г. Дианова, О.В. Долгих, В.Д. Белоногова [и др.] // Анализ риска здоровью – 2021 внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Пермь. – 2021. – С. 233–238.

5. Acute air pollution exposure alters neutrophils in never-smokers and at-risk humans / D.J. Wooding, M.H. Ryu, H. Li [et al.] // Eur. Respir. J. – 2020. – № 55. – P. 1901495. DOI: 10.1183/13993003.01495-2019

6. Antioxidant enzymes activity involvement in luteolin-induced human lung squamous carcinoma CH27 cell apoptosis / H.W. Leung, C.L. Kuo, W.H. Yang [et al.] // Eur. J. Pharmacol. – 2016. – № 534 (1–3). – P. 12–18.

7. Airway microbiota across age and disease spectrum in cystic fibrosis / E.T. Zemanick, B.D. Wagner, C.E. Robertson [et al.] // Eur. Respir. J. – 2017. – № 50. – P. 1700832.

8. Basic biochemical mechanisms behind the health benefits of polyphenols / C.G. Fraga, M. Galleano, S.V. Verstraeten [et al.] // Mol. Aspects. Med. – 2010. – Vol. 31. – P. 435–445.

9. Community dynamics and the lower airway microbiota in stable chronic obstructive pulmonary disease, smokers and healthy non-smokers / G.G. Einarsson, D.M. Comer, L. McIlreavey [et al.] // Thorax. – 2016. – Vol. 71. – P. 795–803.

10. Effect of phenolic constituents of plant origin on phagocytic activity of peripheral blood cells *in vitro* / D. Glyaev, V. Belonogova, O. Dolgikh [et al.] // 21st International multidisciplinary scientific geoconference – SGEM 2021. – P. 37–43. DOI: 10.5593/sgem2021V/6.2/s25.0

11. Effect of three flavonoids, 5,7,3',4'-tetrahydroxy-3-methoxy flavone, luteolin, and quercetin, on the stimulus-induced superoxide generation and tyrosyl phosphorylation of proteins in human neutrophil / H.W. Lu, K. Sugahara, Y. Sagara [et al.] // Arch Biochem Biophys. – 2001 – Vol. 393 (1). – P. 73–77. DOI: 10.1006/abbi.2001.2457

12. Eosinophilic airway inflammation in asthmatic patients is associated with an altered airway microbiome / A. Sverrild, P. Kiilerich, A. Brejnrod [et al.] // J. Allergy. Clin. Immunol. – 2017. – Vol. 140. – P. 407–417.

13. Flavonoids inhibit myelin phagocytosis by macrophages; a structure-activity relationship study / J.J. Hendriks, H.E. de Vries, S.M. van der Pol [et al.] // Biochem. Pharmacol. – 2003 – Vol. 65 (5) – P. 877–885. DOI: 10.1016/s0006-2952(02)01609-x

14. Luteolin attenuates lipopolysaccharide-induced acute lung injury/acute respiratory distress syndrome by activating alveolar epithelial sodium channels *via* cGMP/PI3K pathway / Y. Hou, J. Li, Y. Ding [et al.] // J. of Ethnopharmacology. – 2022. – Vol. 282. – P. 114654. DOI: 10.1016/j.jep.2021.114654

15. Luteolin decreases the UVA-induced autophagy of human skin fibroblasts by scavenging ROS / M. Yan, Z. Liu, H. Yang [et al.] // Mol. Med. R. Rep. – 2016. – № 14 (3). – P. 1986–1991.

16. Luteolin suppresses inflammatory mediator expression by blocking the Akt/NFκB pathway in acute lung injury induced by lipopolysaccharide in mice / Y.C. Li, C.H. Yeh, M.L. Yang [et al.] // Evid. Based. Complement. Alternat. Med. – 2012. – Vol. 2012. – P. 383608. DOI: 10.1155/2012/383608

17. Neutrophils in asthma: the good, the bad and the bacteria / H. Crisford, E. Sapey, G.B. Rogers [et al.] // Thorax. – 2021. – Vol. 76. – P. 835–844. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2020-215986

18. Zhu Y., Chen X., Liu X. NETosis and neutrophil extracellular traps in COVID-19: immunothrombosis and beyond // Front Immunol. – 2022. – № 13. – P. 838011. DOI: 10.3389/fimmu.2022.838011

Оценка экспозиции при комплексном поступлении бария в организм в условиях Республики Беларусь

Е.В. Дроздова

РУП «Научно-практический центр гигиены»,
г. Минск, Республика Беларусь

Изучено содержание бария в воде источников и питьевой воде на территории Республики Беларусь, определены республиканские и территориальные особенности распространения (уровни содержания), рассчитаны уровни экспозиции для различных групп населения. Изучение содержания бария в пищевой продукции и уровней его потребления проводилось адаптированным частотным методом, что позволило установить группы продукции с наибольшими уровнями содержания бария (хлебобулочные, крупяные и кондитерские изделия, продукты – «чемпионы» по содержанию – бразильский орех, сухие завтраки, арахис жареный, орех пекан, бобы соевые, базилик, морская капуста). Около четверти исследованных образцов продукции содержали барий ниже предела обнаружения. При реалистичном сценарии воздействия наибольший вклад в алиментарную экспозицию вносили овощи, крупяные и макаронные изделия, хлебобулочные изделия. Среднесуточное поступление с рационом по основным сценариям (1–4) не превышало референтных доз для бария при пероральном поступлении. Оценка суммарной экспозиции бария с питьевой водой и алиментарно (5 сценариев для алиментарной экспозиции, 7 сценариев для экспозиции питьевой водой и 35 их комбинаций) позволила определить уровни и приоритетные источники экспозиции. Удельный вклад воды в суммарное суточное поступление бария для 1–2 моделей алимен-

тарной экспозиции (реалистичный сценарий) и концентрации его в воде на уровне медианы находился на уровне 40–42 % при концентрации бария в воде 95Р – 75–76 %.

Ключевые слова: питьевая вода, оценка экспозиции, барий, комплексное поступление.

Барий – щелочноземельный металл, встречающийся в природе в виде двухвалентного катиона. Ингаляционный и пероральный пути вносят основной вклад в его поступление в организм [13]. По литературным данным суммарное суточное поступление бария с пищевыми продуктами, водой и воздухом в различных странах мира может составлять 0,7–1,9 мг/сут. Наибольшая доля поступления приходится на пищевые продукты, а питьевая вода является значимым источником поступления в регионах с высоким содержанием бария в водоисточниках [7, 8, 10, 11, 13]. Ингаляционный путь поступления целесообразно рассматривать только для производственного сценария воздействия [13]. В организме барий депонируется преимущественно в костной ткани, мышцах, жировой и соединительной тканях, коже, выводится из организма [7–11, 13, 14]. В настоящее время мишенями, по воздействию на которые за рубежом установлены значения референтных доз (*RfD*), являются выделительная система (*RfD* установлена в 2-летних экспериментах на мышах, опорный эффект – нефропатия) и сердечно-сосудистая система (по данным эпидемиологических исследований, опорный эффект – артериальная гипертензия). Действующая предельно допустимая концентрация (ПДК) установлена с учетом 100%-ного вклада воды в суточное поступление бария в организм, для пересмотра норматива целесообразно проведение комплексных токсиколого-гигиенических исследований по изучению современной доказательной базы по оценке его влияния на организм, а также определение вклада воды в суммарное суточное поступление. В республике отсутствовали данные по содержанию бария в основных видах пищевой продукции и уровнях его потенциального суточного поступления с рационом, а также системные данные о концентрациях в воде. Такие же данные для стран, находящихся в сходных социально-экономических и экологических условиях (Российская Федерация, страны СНГ), в научной литературе не представлены [2].

Обозначенные аспекты и определили актуальность проводимых исследований.

Цель исследования – оценить комплексное поступление бария в организм человека с целью создания доказательной базы для последующей актуализации норматива в питьевой воде в Республике Беларусь.

Материалы и методы. Исследования проводились в рамках задания 01.02 подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 гг. [4].

Для оценки фактического питания использовали метод изучения частоты потребления пищевых продуктов, предусматривавший описание респондентами частоты потребления отдельных видов пищевых продуктов и блюд (с учетом их объема или массы) в течение предшествующих 30 дней. Метод позволяет оценить поступление веществ в составе рациона в организм человека путем разделения респондентов на группы на основе различных уровней потребления [15].

Была проведена адаптация стандартной анкеты частотного метода [3, 4, 12] путем включения продуктов, являющихся существенными источниками поступления бария по данным литературы (например, сухие завтраки и бразильские орехи), и стандартных размеров порций на один прием пищевых продуктов. В результате анкета содержала 69 видов продуктов, в том числе хлебобулочные изделия, крупяные и мака-

ронные изделия, кондитерские изделия, овощи, фрукты, масложировую продукцию, мясо и мясные изделия, рыбу, молочную продукцию, яйца, кофе, чай, алкогольные напитки [6]. Проанкетированы представители взрослого населения активного возраста, проживающие в городской местности (301 респондент в возрасте 17–25 лет).

Проведены лабораторные исследования на содержание бария 372 образцов пищевой продукции, сформированных в 10 групп.

Лабораторное определение бария в пробах пищевых продуктов и воды проводили методом, описанным в ГОСТ 31870-2012 «Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектрометрии с использованием метода атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой» [1], на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой Ultima 2 (Horiba Jobin Yvon, Япония – Франция). Метод позволяет проводить измерения содержания бария в растворе анализируемой пробы без разбавления в диапазоне от 0,001 до 50 мг/дм^3.

Проведен анализ распространенности и уровней содержания бария в воде источников питьевого водоснабжения Республики Беларусь по ретроспективным данным и данным собственных исследований. Использованы результаты исследований 4366 проб воды из следующих пяти массивов данных: собственные лабораторные исследования, выполненные в 2010–2021 гг., ретроспективные данные лабораторных исследований, представленные учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор, водохозяйственными организациями, Министерством жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь и НПЦ «Геология» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (2015–2020 гг.).

Статистическая обработка данных проведена с применением пакета прикладных программ MS Excel 2010 и пакета Statistica 12.0. Оценка соответствия полученных данных нормальному распределению осуществлялась с использованием критериев *W*-теста Шапиро – Уилка и Колмогорова – Смирнова с поправкой Лиллефорса. Распределение данных считалось отличным от нормального (непараметрическим) при уровне значимости $p < 0{,}05$. Для характеристики фактического уровня потребления пищевой продукции использованы медиана (*Me*), интерквартильный размах (далее – P25–P75) и 95%-ный процентиль (P95), для питьевой воды также рассчитывали минимальные и максимальные значения.

Результаты. Наибольшие уровни бария определялись в хлебобулочных изделиях – от 0,47 до 1,12 мг/кг, крупяных изделиях и макаронах – от 0,12 до 0,82 мг/кг, кондитерских изделиях – 0,20–1,41 мг/кг, овощах – 0,31–0,90 мг/кг. Максимальные концентрации отмечены для бразильского ореха (до 590,5 мг/кг), сухих завтраков (7,011 мг/кг), арахиса жареного, ореха пекан, соевых бобов, морской капусты (2,014 мг/кг). Содержание бария ниже предела обнаружения метода (< 0,025 мг/кг) отмечено в 24,5 % исследованных образцов пищевых продуктов, в том числе в 70 % масложировой продукции, 37,5 % рыбы и рыбных продуктов, более 40 % молока и молочной продукции, мяса и мясной продукции. Наименьшее его содержание характерно для крупяных изделий (5,8 %), сухофруктов (по 6,1 %) и хлебобулочных изделий (7,1 %).

Оценка уровней алиментарной экспозиции населения моделировалась по пяти сценариям (в том числе аггравированному) [5] для каждого вида продукции, учитывали *Me* и 95P содержания бария в изучаемых группах пищевых продуктов и уровня их потребления. Моделирование незначимых результатов «ниже предела обнаруже-

ния» или «не обнаружено» с использованием замещающих значений позволило для отдельных пищевых продуктов определить диапазоны уровней содержания бария: нижняя граница (далее – НГ) – 0 мг/кг, средний уровень (далее – СУ) – 0,5 от нижней границы диапазона измерений (0,0125 мг/кг), верхняя граница (далее – ВГ) – верхняя граница диапазона измерений (0,025 мг/кг).

Расчет экспозиции бария проводился как с использованием стандартного значения массы тела – 70 кг, так и рекомендуемого ВОЗ значения – 60 кг. Изучалось «хроническое» (ежедневное) и «острое» потребление видов пищевой продукции (периодическое потребление видов продукции, вносящих наибольший вклад в поступление обсуждаемых веществ в организм).

«Хроническое» среднесуточное поступление бария по реалистичному сценарию в основном формируется за счет четырех групп пищевых продуктов – овощей (до 40 %), крупяных изделий и макарон (более 20 %), хлебобулочных изделий (до 20 %) и фруктов (до 9 %). Существенных отличий между «острым» и «хроническим» алиментарным поступлением бария не выявлено [4].

При реалистичном сценарии экспозиции (модель 1) диапазоны поступления бария с пищевыми продуктами варьировались от 3,3 до 3,6 мкг/кг массы тела в сутки. Анализ аггравированной модели, характеризующей алиментарную нагрузку при условии высокого уровня потребления и высокого, приближающегося к максимальному, содержания бария в пищевых продуктах, формирующих рацион, свидетельствует, что уровни экспозиции составили 228,8 мг/кг массы тела в сутки, при этом до 60 % вещества могут вносить сухофрукты и орехи, 15 % – овощи.

Для целей настоящей работы определялись суммарная экспозиция (поступление в организм) бария с питьевой водой и алиментарно (пять сценариев для алиментарной экспозиции, семь сценариев для экспозиции питьевой водой (минимальные значения, 25Р, *Me*, *M* (средние значения), 75Р, 95Р, максимальные значения) и 35 их комбинаций), уровни и приоритетные источники экспозиции, устанавливался удельный вклад воды в формирование дозы.

Результаты расчета суммарных доз свидетельствуют, что при реалистичных сценариях экспозиции (1–2 модели для потребления пищевой продукции и медиана и 95Р для питьевой воды) суммарная доза составит соответственно около 7 и 16 мкг/кг массы тела в сутки в пересчете на стандартную массу тела (60 кг) и 6 и 14 мкг/кг массы тела в сутки при пересчете на 70 кг массы тела. Удельный вклад воды в суммарное суточное поступление бария для 1–2 моделей алиментарной экспозиции и концентрации его в воде на уровне медианы находился на уровне 40–42 % при концентрации бария в воде 95Р – 75–76 %.

Полученные данные были в дальнейшем использованы для проведения оценки риска здоровью, ассоциированного с суммарным поступлением бария в организм, и как доказательная база при актуализации норматива бария в питьевой воде.

Список литературы

1. ГОСТ 31870-2012. Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектрометрии / принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 15 ноября 2012 г. № 42). – Минск: Госстандарт, 2013. – 19 с.

2. Дроздова Е.В., Цимберова Е.И. К вопросу научного обоснования гигиенического нормирования бария питьевой воде // Медицинский журнал. – 2019. – № 1 (67). – С. 4–7.

3. Изучение фактического питания на основе метода анализа частоты потребления пищевых продуктов: инструкция по применению / утв. Министерством здравоохранения Республики Беларусь от 15.12.11 рег. № 017–1211. – Минск: Республиканский научно-практический центр гигиены, 2011. – 21 с.

4. Оценка алиментарной экспозиции барием в условиях Республики Беларусь / Е.В. Дроздова [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сборник научных трудов. – Минск: Изд. центр БГУ, 2021. – Вып. 31. – С. 22–30.

5. Оценка алиментарной химической нагрузки на население: инструкция по применению / утв. Министерством здравоохранения Республики Беларусь от 15.12.11 рег. № 018–1211. – Минск: Республиканский научно-практический центр гигиены, 2011. – 14 с.

6. Распространенность бария в пищевых продуктах (анализ литературных источников) / Е.В. Дроздова, Е.И. Цимберова, А.В. Фираго, Т.З. Суровец // Здоровье и окружающая среда: сборник материалов международной научно-практической конференции. – Минск: Изд. центр БГУ, 2021. – С. 123–126.

7. Barium and Compounds; CASRN 7440-39-3 [Электронный ресурс] // U.S. Environmental Protection Agency, National Center for Environmental Assessment. – 2005. – URL: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0010_summary.pdf (дата обращения: 20.09.2021).

8. Barium compounds [Электронный ресурс] // United States National Library of Medicine, Hazardous Substances Data Bank. – 2019. – URL: http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen? HSDB (дата обращения: 15.10.2021).

9. Barium in Drinking Water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality [Электронный ресурс]. – Geneva: World Health Organization, 2016. – URL: http://www.who.int/water_sanitation_health//water-quality/guidelines/chemicals/barium-background-jan17.pdf (дата обращения: 20.09.2021).

10. Barium in Drinking Water: Guideline Technical Document for Public Consultation [Электронный ресурс] // Health Canada. – 2018. – URL: https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/programs/consultation-barium-drinking-water/document-eng.pdf (дата обращения: 20.10.2021).

11. Concise International Chemical Assessment Document 33. Barium and barium compounds [Электронный ресурс] // WHO, INCHEM. – 2021. – URL: http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad33.htm#4.0 (дата обращения: 20.09.2021).

12. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food (Environmental Health Criteria 240). – Geneva: World Health Organization, 2009. – 752 p.

13. Toxicological profile for barium and barium compounds [Электронный ресурс]. – Atlanta, GA: United States Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007. – URL: http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp24.pdf (дата обращения: 20.09.2021).

14. Toxicological review of barium and compounds. In support of summary information on the Integrated Risk Information System [Электронный ресурс]. – Washington, DC: United States Environmental Protection Agency, 2005. – URL: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/toxreviews/0010tr.pdf (дата обращения: 20.09.2021).

15. Validity and Reproducibility of a Food Frequency Questionnaire for Dietary Factors Related to Colorectal Cancer / D.N. Tollosa, J. Van Camp, I. Huybrechts [et al.] // Nutrients. – 2017. – Vol. 9, № 11. – P. 1257. DOI: 10.3390/nu9111257

О развитии демографической ситуации в Ульяновской области по состоянию на 01.01.2021

Е.Н. Дубовицкая, М.А.Суханов

Управление Федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ульяновской области, г. Ульяновск, Россия

Рассматривается одна из наиболее актуальных проблем настоящего времени – демографическая ситуация. Проводится сравнение прогнозируемых ранее величин демографических показателей для Ульяновской области с фактическими данными на фоне пандемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Исследуется естественный прирост и естественная убыль населения.

Ключевые слова: смертность, естественное движение населения, Ульяновская область.

Указом Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» дано поручение Правительству РФ обеспечить достижение целей и целевых показателей, среди которых особое место отводится снижению показателей смертности населения трудоспособного возраста (до 350 случаев на 100 тыс. населения), смертности от болезней системы кровообращения (до 450 случаев на 100 тыс. населения), смертности от новообразований, в том числе от злокачественных (до 185 случаев на 100 тыс. населения), младенческой смертности (до 4,5 случая на 1 тыс. родившихся детей) [2].

Цель исследования – оценить демографические процессы в Ульяновской области перед пандемией новой коронавирусной инфекции (COVID-19).

Материалы и методы. Для изучения демографических процессов исследовались показатели Федеральной службы государственной статистики, размещенные в единой межведомственной информационно-статистической системе (https://fedstat.ru/), базе данных показателей муниципальных образований (http://gks.ru/dbscripts/munst/munst73/) и данные социально-гигиенического мониторинга 2-го этапа регионального информационного фонда Ульяновской области. При анализе использовались методические рекомендации «Социально-гигиенический мониторинг. Анализ медико-демографических и социально-экономических показателей на региональном уровне», утвержденными приказом Роспотребнадзора от 20.09.2010 г. № 341 (далее – МР) [6].

Результаты. ФГУП «Российский государственный научно-исследовательский и проектный институт урбанистики» (г. Санкт-Петербург) при разработке «Схемы территориального планирования» Ульяновской области в 2009 г. дал прогноз изменения численности населения до 2030 г. В 2020 г. Федеральной службой государственной статистики от базы на начало 2019 г. выполнен прогноз показателей численности постоянного населения России, его возрастно-полового состава, коэффициентов рождаемости, смертности, естественного прироста, суммарного коэффициента рождаемости, ожидаемой продолжительности жизни по вариантам: среднему, высокому и низкому до 2035 г. Бюллетень «Предположительная числен-

ность населения Российской Федерации» (далее – Бюллетень) размешен на официальном сайте ведомства [4].

Численность населения в Ульяновской области на 1 января 2021 г. ниже среднего прогнозного варианта, но выше низкого порога, рассчитанного на 2020 г. в Бюллетене. Останавливаясь на достижении целевых показателей, поставленных президентом Российской Федерации, приходится констатировать, что: показатели смертности населения трудоспособного возраста превышали целевой российский показатель по состоянию за 2020 г. в 1,57 раза (522,6 на 100 тыс. населения), смертности от болезней системы кровообращения превышали уровень цели в 1,78 раза (798,3 на 100 тыс. населения), смертности от новообразований, в том числе от злокачественных, в 1,24 раза. Суммарный коэффициент рождаемости составил 1,42 за 2019 г. и 1,39 за 2020 г., что соответственно ниже целевого российского показателя в 1,22÷1,23 раза. Ожидаемая продолжительности жизни составила 70,98 г. в 2020 г., при этом потеряла 2 года по отношению к 2019 г.

В последнее время снизился отток населения из области. Миграционный прирост населения лучше ожидаемых величин, рассчитанных для Ульяновской области в Бюллетене. В 2020 г. при прогнозируемой величине высокого варианта (лучшего для отрицательных показателей) – 2312 человека, фактически миграционная убыль составила –1030. Еще один прогрессивный показатель по области – коэффициент младенческой смертности, который за 2020 г. составил 4,1 на 1000 родившихся живыми, что лучше целевого показателя.

Несмотря на гандикап, представленный миграционными процессами в результате антиковидных мер, убыль населения Ульяновской области продолжает снижаться опережающими прогнозы темпами.

Коэффициент естественной убыли в 2020 г. составил -8,5. До этого года этот коэффициент держался в коридоре, прогнозируемом в Бюллетене (как в представленной версии [4], так и более ранних изданиях), и составлял в последние годы от –3,9 до –5,0. Уменьшение населения в 2020 г. произошло как за счет снижения рождаемости с уровней 11,5÷11,9 на 1000 населения за год в период 2011–2016 гг., до 8,4 в 2020 г., так и увеличения общей смертности с 13,8÷14,9 ‰ до 16,8 ‰ в 2020 г.

Для оценки динамики естественной убыли населения области была спрогнозирована ее величина на 2020 г. по данным за 1997–2019 гг. методом математической аналогии по МР [6]. Ожидаемый прирост населения должен был составить – 4593,1 ± 4,7 (убыль), фактически убыль составила -11 505. Таким образом, исходя из этих данных и показателей в табл. 1, имеем дефицит большинства показателей для 2020 г. Как уже было сказано выше, основными локомотивами снижения численности населения в 2020 г. явились уменьшение рождаемости и увеличение смертности сверх ожидаемых величин.

Рассматривая возрастные особенности повышенной смертности в Ульяновской области в 2020 г. (рис. 1), необходимо отметить, кроме ее увеличения среди населения старше трудоспособного возраста, возрастание количества смертельных случаев для возрастного диапазона 40–54 лет с сохранением общих закономерностей последних трех лет.

В 2020 г. смертность среди жителей области наиболее ощутимо превысила среднегодовой показатель десятилетия в возрасте: 40–44 лет – на 17,69 %, в возрасте 50–54 лет – на 10,34 % и в возрасте старше 70 лет в среднем более чем на 15 %. Максимум потерь пришлось на возраст 70–74 лет: 18,01 % выше среднегодовых показателей.

Таблица 1

Основные демографические показатели Ульяновской области за 2019 и 2020 гг. в сравнении с прогнозируемыми вариантами.

Показатель	2019 г. (01.01.2020)				2020 г. (01.01.2021)			
	Прогноз / факт							
	Средний	Высокий	Низкий	Факт. значение	Средний	Высокий	Низкий	Факт. значение
Численность населения на 1 января	1229,4	1234,4	1226,0	1229,8	1220,5	1229	1215,1	1218,3
Среднегодовая численность населения	1233,8	1237,4	1231,1	1234,1	1225	1231,6	1220,6	1224,1
Соотношение мужчин и женщин	1172	1170	1175	1172,7	1170	1168	1174	1173,6
Численность населения в возрасте моложе трудоспособного	205,3	208,7	204,3	205,4	204,7	210,2	203,2	203,8
Численность населения в трудоспособном возрасте	653,6	654,5	651,5	672,7	640,3	641,9	637,2	660,3
Численность населения в возрасте старше трудоспособного	370,5	371,2	370,2	351,7	375,5	376,9	374,7	354,3
Общий коэффициент рождаемости	9,5	10,9	9,1	8,8	9,2	10,9	8,9	8,4
Общий коэффициент смертности	14,3	13,8	14,7	13,8	14,5	13,5	15	16,9
Коэффициент естественного прироста	–4,8	–2,9	–5,6	–5,0	–5,3	–2,6	–6,1	–8,5
Суммарный коэффициент рождаемости	1,5	1,747	1,431	1,417	1,492	1,799	1,418	1,39
Ожидаемая продолжительность жизни	72,57	73,09	71,84	72,96	72,98	73,98	72,03	70,98
Миграционный прирост населения	–2614	–2423	–3338	–2395	–2551	–2312	–3443	–1030

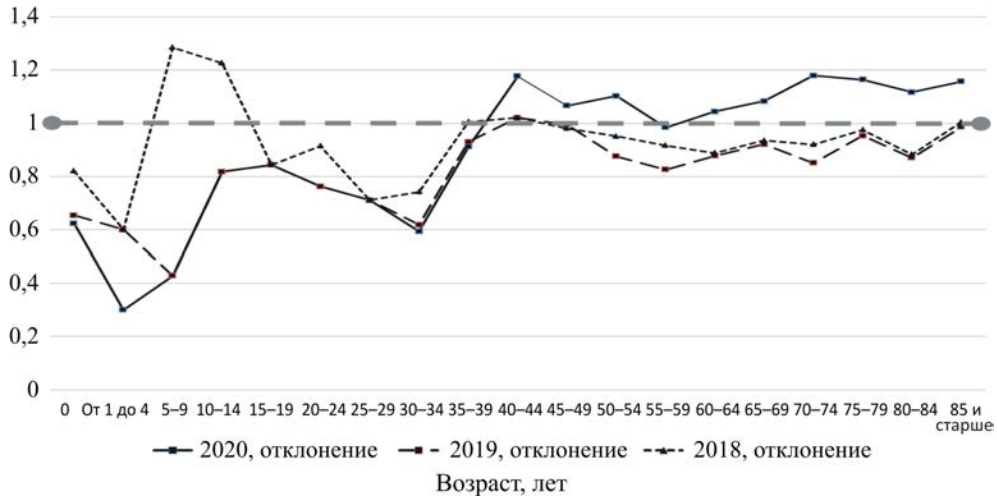


Рис. 1. Величина отклонения смертности в долях по возрастным диапазонам от среднегодовой величины в 2018–2020 гг.

При изучении пространственных характеристик естественной убыли в Ульяновской области отмечается отсутствие ежегодного прироста населения практически во всех муниципальных образованиях (табл. 2). Серым фоном в таблице выделен ежегодный прирост или отсутствие сокращения населения.

Таблица 2

Коэффициенты естественного прироста (убыли) в муниципальных образованиях Ульяновской области по состоянию на 1 января следующего года

Муниципальное образование	2012 год	2013 год	2014 год	2015 год	2016 год	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год
Базарносызганский район	–28,66	–36,85	–33,47	–21,99	–17,88	–20,67	–17,87	–19,05	–24,64
Барышский район	–15,35	–16,65	–15,92	–12,76	–14,51	–17,91	–19,41	–17,27	–16,24
Вешкаймский район	–25,38	–26,20	–20,38	–20,02	–20,49	–22,43	–28,31	–27,97	–22,28
Инзенский район	–19,93	–20,55	–18,99	–17,05	–13,71	–15,23	–21,12	–18,96	–18,45
Карсунский район	–19,74	–20,39	–13,18	–14,18	–9,72	–16,63	–18,93	–16,92	–23,06
Кузоватовский район	–22,20	–16,04	–17,35	–14,56	–19,50	–17,02	–17,27	–15,44	–15,42
Майнский район	–12,43	–12,15	–19,18	–25,66	–26,63	–17,27	–25,10	–21,93	–24,05
Мелекесский район	–4,07	–5,69	–6,95	–12,28	–17,65	–19,20	–29,43	–25,93	–27,89
Николаевский район	–21,09	–20,42	–20,06	–19,67	–15,23	–14,59	–17,85	–18,26	–19,34
Новомалыклинский район	–11,77	–7,70	–20,37	–14,05	–11,03	–11,72	–24,58	–21,76	–28,98
Новоспасский район	–11,23	–11,00	–7,24	–3,86	–7,28	–5,97	–6,52	–7,33	–10,93
Павловский район	–26,18	–20,69	–19,99	–11,69	–14,39	–16,91	–18,27	–20,92	–17,35
Радищевский район	–26,17	–24,34	–20,98	–15,27	–13,13	–12,99	–14,54	–6,92	–16,10
Сенгилеевский район	–4,12	–10,15	–11,84	–9,13	–14,16	–26,26	–20,27	–15,43	–13,20
Старокулаткинский район	–37,44	–36,04	–36,70	–34,63	–27,05	–22,93	–33,44	–25,43	–34,13
Старомайнский район	–8,65	–12,24	–4,71	–11,19	–9,10	–19,71	–22,93	–14,38	–18,26
Сурский район	–22,30	–24,21	–20,27	–15,88	–23,55	–21,53	–24,47	–22,55	–20,80
Тереньгульский район	–11,26	–11,88	–7,76	–8,10	–5,46	–13,92	–24,91	–14,77	–19,12
Ульяновский район	1,04	1,01	6,42	1,95	–4,18	–7,21	–6,53	–7,72	–3,41
Цильнинский район	–18,89	–13,00	–10,36	–7,82	–16,82	–11,09	–20,52	–10,23	–13,37
Чердаклинский район	12,76	9,05	–0,09	–4,99	–8,59	–7,27	3,68	–7,25	–6,03
г. Ульяновск	–20,15	24,24	4,63	2,99	4,72	3,03	1,95	–0,49	0,00
г. Димитровград	–6,09	–12,25	–12,38	–9,53	–6,01	–5,34	–6,91	–8,88	–6,63
г. Новоульяновск	–27,07	7,83	–34,10	–16,09	0,00	–36,63	–7,59	–8,83	–13,74

Среднее значение по массиву районов области за 2015–2020 гг. смертности составило 18,22 при стандартном отклонении 2,83, а рождаемости 8,40 при стандартном отклонении 1,62.

Как было сказано выше, Ульяновская область осуществляет развитие в соответствии со «Схемой территориального планирования» Ульяновской области, разработанной ФГУП РосНИПИ Урбанистики, которым в том числе выполнен прогноз численности населения в муниципальных образованиях к 2020 и 2030 г. Учитывая, что численность населения области по итогам 2020 г. сопоставима с прогнозируемой институтом (1200 тыс.) и Росстатом в Бюллетене (средний вариант прогноза 1220,5 тыс.), целесообразно сравнить предполагаемую и фактическую численность населения в районах и городах области.

По состоянию на 2006 г. имевшие сравнительно высокий демографический потенциал Мелекесский и Цильнинский районы, выше среднего – Кузоватовский, Николаевский, Павловский, Старомайнский районы, и со средним потенциалом Барышский, Вешкаймский, Инзенский, Новомалыклинский районы – показали худшее демографическое движение к 2020 г.

Имевшие ниже среднего и низкий демографический потенциал районы: Майнский, Радищевский, Карсунский и Сурский – показали большую демографическую устойчивость и даже имеют положительное сальдо к инерционном прогнозу. Это сложилось в первую очередь снижением смертности в Радищевском, Карсунском и Сурском районах. В Майнском районе общий коэффициент смертности остался на прежнем уровне.

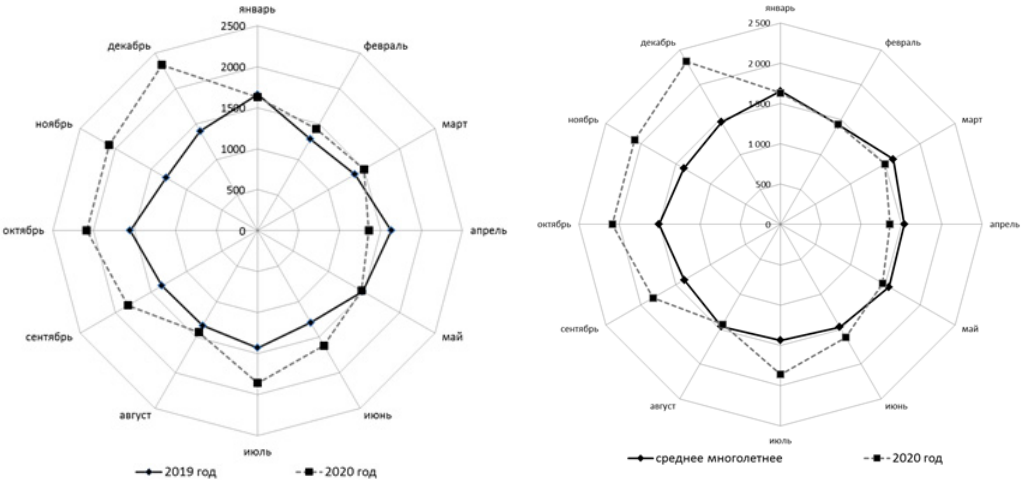
На этом фоне крайне негативная картина наблюдается в Старокулаткинском районе с ежегодным коэффициентом естественной убыли минус 37,44 ÷ минус 22,93 (табл. 2) и фактическим уменьшением населения с 2006 г. более чем в 1,5 раза (табл. 3). В 2020 г. в этом районе рождаемость была в 5,4 раза меньше смертности.

Таблица 3

Фактическая численность населения муниципальных образований Ульяновской области по состоянию на 01.01.2021 г. и прогноз численности ФГУП РосНИПИ Урбанистики (тыс. человек)

Данные МО	Фактическая численность	Исходные данные (2006 г.)	Инерционный прогноз			Оптимистический прогноз		
			естественный прирост	механический прирост	итог	естественный прирост	механический прирост	итог
г. Ульяновск	650,3	638,3	–43,4	–44,3	550,6	–21,4	–21,9	595
г. Димитровград	113,5	128	–6,8	–4,3	116,9	–4,3	–3,7	120
г. Новоульяновск	17,4	16,9	–1,1	–2	13,8	–0,7	–1,2	15
Базарносызганский район	7,8	10,8	–3,3	0,3	7,8	–2,4	0,1	8,5
Барышский район	37,1	47,4	–8,8	–0,9	37,7	–6,2	–0,7	40,5
Вешкаймский район	15,5	22	–2,2	–2,5	17,3	–1,5	–2,5	18
Инзенский район	28,0	37,5	–6,4	–2,6	28,5	–6	–1,5	30
Карсунский район	21,1	27,3	–7	–2,2	18,1	–5,1	–1,7	20,5
Кузоватовский район	18,6	26,4	–4,6	0,6	22,4	–3	0,1	23,5
Майнский район	21,0	28,7	–5,6	–2,8	20,3	–4	–2,2	22,5
Мелекесский район	31,3	39,6	–4,2	1,7	37,1	–2,6	1	38
Николаевский район	22,4	29,1	–2,9	–0,6	25,6	–2,1	–0,5	26,5
Новомалыклинский район	13,0	16,8	–6,9	3,3	13,2	–4,2	2,4	15
Новоспасский район	20,6	23,3	–2,5	–0,3	20,5	–1,1	–0,2	22
Павловский район	12,5	16	–2,2	–0,2	13,6	–1,8	–0,2	14
Радищевский район	11,9	14,7	–2,1	–1,6	11	–1,6	–1,1	12
Сенгилеевский район	20,3	25,4	–6,1	0,6	19,9	–3,7	0,3	22
Старокулаткинский район	10,6	16,2	–2,7	–3	10,5	–2,3	–2,4	11,5
Старомайнский район	15,7	19,6	–3,1	0,1	16,6	–2,2	0,1	17,5
Сурский район	15,5	21,4	–8,4	0,2	13,2	–5,5	0,1	16
Тереньгульский район	16,4	19,7	–5,7	0,7	14,7	–3,6	0,4	16,5
Ульяновский район	36,0	40,5	–9,2	2,5	33,8	–6	2	36,5
Цильнинский район	24,1	28,3	–3,6	2	26,7	–2,4	1,1	27
Чердаклинский район	41,4	42,1	–2,1	–2,3	37,7	–7,3	–2,8	32
Итого	1218,3	1336	–150,9	–57,6	1127,5	–101	–35	1200

Внутригодовое распределение смертности в 2020 г. представлено на рис. 2. В сравнении с последним годом (2019), свободным от влияния на демографические процессы пандемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19), смертность, начиная с мая, превышала как помесячную 2019 г., так и среднегодовой уровень с максимумами в июне, и с сентября по декабрь. При этом превышение среднегодовых месячных данных достигало 1,62÷1,67 раза (ноябрь – декабрь).



а *б*

Рис. 2. Число зарегистрированных умерших человек по оперативным данным Росстата в Ульяновской области по месяцам: *а* – абсолютное количество в 2019 и 2020 гг.; *б* – абсолютное количество умерших в 2020 г. и среднегодовой показатель за 2015–2019 гг.

Структура числа умерших по основным классам и отдельным причинам смерти в расчете на 100 тыс. населения в 2020 г. изменила тенденцию на снижение: 1) от болезней системы кровообращения: если в 2018 г. было 722,4 смертей на 100 тыс., в 2019-м – 712,2, то в 2020 г. – 798,3; 2) смертей от болезней органов дыхания: увеличение до 71,6 (2020 г.) с 35,7 в 2019 г.; 3) смертности в результате болезней органов пищеварения: до 81,2 с 67,0 за тот же период. Смертность от злокачественных новообразований остановилась на уровне 229,9÷224,6 на 100 тыс. населения.

Пандемия новой коронавирусной инфекции (COVID-19) формирует психоневрологический дефицит, проявляющийся астеноневратическими расстройствами, нарушением сна и когнитивно-мнестических функций. Нейротропный эффект коронавируса, а также психологические и социальные последствия пандемии, связанные со стрессом, вызывают нейрокогнитивные нарушения, долгосрочные психические изменения или усугубляют ранее существовавшие психические состояния [1]. Это в свою очередь отягощает течение хронических неинфекционных заболеваний [5, 7]. Ухудшение демографической ситуации связано не только с прямой потерей населения от заболеваний, ассоциированных с новой коронавирусной инфекцией COVID-19, но и всем комплексом социальных, природных и антропогенных факторов.

Учет заболеваемости COVID-19 по формам № 1 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях» и № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях» осуществляется с января 2021 г. (Приказ Росстата от 30 декабря 2020 г. № 867) [3]. Тем самым появился инструментарий для детального изучения заболеваемости COVID-19, что с совокупности с окончательным формированием статистических данных за 2021 г. даст возможность оценить влияние этого заболевания на демографическую ситуацию.

Выводы. Естественная убыль населения Ульяновской области является результатом не только увеличения смертности, но и снижения рождаемости. Пандемия новой коронавирусной инфекции COVID-19 уже в 2020 г. могла спровоцировать дополнительные факторы негативного воздействия на демографические процессы, которые необходимо определить и количественно оценить по результатам 2021 г. с целью выработки дальнейшей стратегии по совершенствованию комплекса как санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий, так и социально-экономических мер.

Список литературы

1. Лапко И.В. Ментальное здоровье мужчин трудоспособного возраста, ассоциированное с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 // Анализ риска здоровью - 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021, Пермь, 18–20 мая 2021 г. – Пермь, 2021. – Т. 1. – С. 120–124.

2. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Российской Федерации Президент Российской Федерации (май 07, 2018 № 204) [Электронный ресурс] // Президент Российской Федерации: официальный сайт. – 2018. – URL: http://kremlin.ru/acts/bank/43027 (дата обращения: 01.04.2022).

3. Об утверждении форм федерального статистического наблюдения с указаниями по их заполнению для организации Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека федерального статистического наблюдения за санитарным состоянием субъекта Российской Федерации: Приказ Росстата РФ от 30 декабря 2020 года № 867 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373987/ (дата обращения: 01.04.2022).

4. Предположительная численность населения Российской Федерации до 2035 года [Электронный ресурс] // Росстат. – URL: https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13285 (дата обращения: 01.04.2022).

5. Семисынов С.О., Позднякова М.А. Об итогах эпидемиологического мониторинга факторов риска хронических неинфекционных заболеваний на территории Нижегородской области в 2020 г. // Анализ риска здоровью – 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021, Пермь, 18–20 мая 2021 г. – Пермь, 2021. – Т. 1. – С. 206–215.

6. Социально-гигиенический мониторинг. Анализ медико-демографических и социально-экономических показателей на региональном уровне: методические

рекомендации. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2010. – С. 31–35.

7. Филиппов Е.В. Факторы риска, неблагоприятные исходы хронических неинфекционных заболеваний и возможности их профилактики в регионе с высоким уровнем смертности: автореф. ... д-ра мед. наук. – Рязань, 2015. – 50 с.

Инновационная технология дезинфекции средств индивидуальной защиты на основе генерирования аэрозолей кислородоактивных соединений с последующей плазменной обработкой

Н.В. Дудчик, О.А. Емельянова

РУП «Научно-практический центр гигиены»,
г. Минск, Республика Беларусь

Изучены динамика численности и таксономического состава микробной популяции средств индивидуальной защиты в течение 2 ч использования персоналом лечебных стационаров; фенотипические признаки выделенных изолятов для оценки комплекса потенциала агрессии. Выявлены наиболее многочисленные таксономические единицы с выраженным потенциалом агрессии. Разработаны дизайн эксперимента по моделированию микробной контаминации на носителях, лабораторная технология деконтаминации средств индивидуальной защиты в аггравированных условиях, и проведена количественная оценка ее эффективности.

Ключевые слова: микробная контаминация, средства индивидуальной защиты, дезинфекция, аэрозоли, моделирование.

В настоящее время в Республике Беларусь и во всем мире наблюдается высокая потребность в обеспечении средствами индивидуальной защиты персонала учреждений здравоохранения. В соответствии с временным руководством Всемирной организации здравоохранения «Рациональное использование средств индивидуальной защиты от коронавирусной болезни (COVID-19) и рекомендации при острой нехватке» от 6 апреля 2020 г. в условиях пандемической ситуации и глобального дефицита средств индивидуальной защиты одной из эффективных стратегий достижения оптимальной обеспеченности средствами индивидуальной защиты может явиться «…. обработка с последующим повторным использованием после мытья или дезинфекции, стерилизации многоразовых средств индивидуальной защиты». ВОЗ обобщает рекомендации по рациональному использованию средств индивидуальной защиты в медицинских учреждениях и при предоставлении ухода на дому, формулирует соображения для принятия решений во время серьезной нехватки средств индивидуальной защиты, однако не дает конкретных рекомендаций в целом [4].

Аэрозольный метод дезинфекции чаще всего применяется для обеззараживания воздуха и поверхностей в медицинских учреждениях [5]. Данная технология обработки воздуха и поверхностей рекомендуется в качестве основного / вспомогательного или альтернативного метода для дезинфекции, при различных типах уборки, для дезинфекции систем вентиляции и кондиционирования воздуха при проведении профилактической дезинфекции, дезинфекции по эпидемиологическим показаниям и очаговой заключительной дезинфекции [6]. Аэрозольный метод хорошо сочетается и применяется наряду с другими технологиями, разрешенными для применения в медицинских организациях, с целью снижения обсемененности воздуха до безопасного уровня: ультрафиолетовым излучением, применением бактерицидных фильтров (и электрофильтров), рециркуляторами, обеспечивающими инактивацию микроорганизмов, ламинарными потоками. Принцип метода основан на преобразовании с помощью генераторов аэрозолей (деконтаминаторов) жидкого дезинфицирующего средства в состояние мелкодисперсного аэрозоля, который заполняет весь объем помещения и оседает мельчайшими капельками на поверхностях объекта (стены, пол, оборудование, инвентарь) [7].

Ряд научно-исследовательских работ был направлен на обоснование принципов сочетанной технологии дезинфекции физическими и химическими методами, однако обоснованные, эффективные и доступные технологии в настоящее время находятся в стадии разработки [6, 7]. На данный момент в организациях здравоохранения Республики Беларусь для дезинфекции средств индивидуальной защиты используются методы, предназначенные для обеззараживания воздуха, поверхностей, оборудования и автомобильного транспорта, такие как способ дезинфекции работниками организаций здравоохранения. Эффективность и безопасность использования данных методов для дезинфекции средств индивидуальной защиты не подтверждена. Данные методы не являются стандартизированными и не имеют научного обоснования параметров дезинфекции средств индивидуальной защиты в зависимости от их конструктивных особенностей и материалов обработки, критериев оценки эффективной дезинфекции. Основной целью представленной работы является оценка эффективности технологии дезинфекции средств индивидуальной защиты на основе генерирования аэрозолей кислородактивных соединений с учетом фенотипических свойств изолятов, контаминирующих средства индивидуальной защиты в условиях агравированной микробной нагрузки, с использованием прокариотических тест-моделей [1–3].

Для оценки микробного статуса средств индивидуальной защиты использовали метод смывов как наиболее широко признанный и гарантирующий репрезентативные результаты. Взятие смывов производили с помощью стерильных увлажненных ватных тампонов. Репрезентативной считали пробу, снятую с поверхности 10×10 см (площадь 100 см^2).

Микробный статус отобранных проб анализировали культуральными методами на питательных и дифференциально-диагностических средах, проводя инкубацию при оптимальных для выявляемого микроорганизма условиях. Учитывали все сформированные колонии на поверхности и в толще агара.

Идентификацию до вида чистых культур осуществляли с использованием микробиологического анализатора VITEK (Biomerieux) после окраски по Граму с последующей верификацией методом ПЦР на принципах GLP.

В результате комплексной оценки фенотипических свойств был выделен штамм *Staphylococcus aureus* ЦГ-2021-15 с наиболее выраженными свойствами, формирующими потенциал агрессии [1].

Для проведения оптимизации параметров деконтаминации в модельном эксперименте использовали деконтаминатор DF-A1/DF-SD1 Meizhuo DHP® dry-fog system. Прибор предназначен для использования в закрытых помещениях или замкнутых пространствах для инактивации микроорганизмов в воздухе или на поверхностях различных предметов. В качестве дезинфектанта может быть применена перекись водорода низкой концентрации либо другое средство. Принцип работы деконтаминатора заключается в генерировании «сухого тумана» перекиси водорода с фиксированным размером частиц (капли со средним диаметром менее 10 мкм). Свойства этих аэрозольных частиц обеспечивают упругое отскакивание от поверхностей, сохранение формы и стабильное состояние «сухого тумана» в воздухе. Стерилизационный реагент в виде холодного пара может эффективно диффундировать в толщу материалов, в том числе и в труднодоступные места. Это снижает риск конденсации и обеспечивает проникновение дезинфицирующего средства ко всем участкам обрабатываемого объекта сложной формы. Весь процесс стерилизации занимает 2–4 ч, включая три этапа: распыление дезинфектанта, его экспозиция в замкнутом пространстве, вентиляция.

Исследование инактивации микробной контаминации средств индивидуальной защиты выполняли в несколько этапов. Деконтаминатор и исследуемые образцы средств индивидуальной защиты, контаминированные тест-культурами бактерий *Staphylococcus aureus* с добавлением 20 % лошадиной сыворотки, помещали в изолированный бокс, через электронный интерфейс устанавливали параметры площади помещения и дозировки дезинфектанта (перекиси водорода 8 %) на кубический метр, после чего система автоматически рассчитывала общее количество средства, время стерилизации и время работы. Бокс закрывали, чтобы образовалось замкнутое пространство, и запускали процесс деконтаминации. По окончании распыления дезинфектанта оборудование автоматически прекращало работу, при этом все пространство бокса оказывалось заполнено частицами «сухого тумана» дезинфицирующего средства. После экспозиции запускали систему вентиляции и кондиционирования. По окончании кондиционирования исследуемые образцы контаминированных средств индивидуальной защиты извлекали из бокса, проводили смыв стерильным фосфатным буферным раствором с твином и высевали смывную жидкость.

Установлено, что изменение микробной популяции после использования средств индивидуальной защиты имеет одинаковую направленность и выражается в численном превалировании представителей грамположительных кокков, составляя 65 % для масок медицинских и 81 % для халатов медицинских. Наиболее распространенными видами микроорганизмов, выделенных из смывов со средств индивидуальной защиты, являлись бактерии рода *Staphylococcus*, а также *Micrococcus luteus* и *Kocuria kristinae*, которые являются представителями нормальной микробиоты кожных покровов и слизистых человека.

В модельном эксперименте была оценена эффективность обработки «сухим туманом» перекиси водорода с последующей плазменной обработкой в отношении изолята *Staphylococcus aureus* ЦГ-2021-15 и музейного штамма *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, нанесенных на носители – фрагменты средств индивидуальной защиты. Результаты представлены в таблице.

Результаты модельного эксперимента дезинфекции средств индивидуальной защиты аэрозольным методом с последующей плазменной обработкой

Тест-штамм	Фрагменты нетканого полотна		Фрагменты перчаток медицинских непудреных	
	LOG_{No}	LOG_{Ni}	LOG_{No}	LOG_{Ni}
Staphylococcus aureus ATCC 6538	5,1	0,3	5,3	0
Staphylococcus aureus ЦГ-2021-15	5,2	0,9	5,4	0

Рассчитанные показатели эффективности дезинфекции составили: RLOG для фрагментов нетканого полотна – 4,8 в отношении штамма *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 и 4,3 в отношении штамма *Staphylococcus aureus* ЦГ-2021-15, а для фрагментов перчаток медицинских: 5,3 – в отношении штамма *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 и 5,4 – в отношении штамма *Staphylococcus aureus* ЦГ-2021-15.

Результаты подтверждают, что эффективность сочетанной дезинфекции в модельных условиях наиболее высока для гладких полимерных поверхностей (перчатки), при этом показатель эффективности соответствует 100 % для инициальной контаминации более 5 log как в отношении музейного штамма, так и для природного изолята.

Список литературы

1. Бактериальные профили и фенотипические маркеры изолятов микробиоты среды обитания: факторы идентификации опасности / Н.В. Дудчик, С.И. Сычик, О.Е. Нежвинская [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 2. – С. 92–100. DOI: 10.21668/health.risk/2020.2.10

2. Дудчик Н.В. Изучение свойств консорциума почвенных микроорганизмов как тест-объектов для оценки интегральной токсичности // Гигиена и санитария. – 2012. – Т. 91, № 5. – С. 82–84.

3. Дудчик Н.В., Сычик С.И., Шевляков В.В. Прокариотические тест-модели в экотоксикологических исследованиях: перспективы и классификация (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. – 2018. – № 4. – С. 5–12. DOI: 10.25750/1995-4301-2018-4-005-012

4. Рациональное использование средств индивидуальной защиты от коронавирусной болезни (COVID-19) и соображения применительно к ситуации их острой нехватки [Электронный ресурс] // ВОЗ. – 2020. – URL: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331695/WHO-2019-nCov-IPC_PPE_use-2020.3-rus.pdf (дата обращения: 01.04.2022).

5. Failure of dry mist of hydrogen peroxide 5 % to kill Mycobacterium tuberculosis / B.M. Andersen, G. Syversen, H. Thoresen [et al.] // J. Hosp. Infect. – 2010. – Vol. 76, № 1. – P. 80–83. DOI: 10.1016/j.jhin.2010.03.013

6. Hydrogen peroxide and sodium hypochlorite disinfectants are more effective against Staphylococcus aureus and Pseudomonas aeruginosa biofilms than quaternary ammonium compounds / C.B. Lineback, C.A. Nkemngong, Wu S. Tongyu [et al.] // Antimicrob. Resist. Infect. Control. – 2018. – Vol. 7. – P. 154. DOI: 10.1186/s13756-018-0447-5

7. Ríos-Castillo A.G., González-Rivas F., Rodríguez-Jerez J.J. Bactericidal Efficacy of Hydrogen Peroxide-Based Disinfectants Against Gram-Positive and Gram-Negative Bacteria on Stainless Steel Surfaces // J. Food Sci. – 2017. – Vol. 82, № 10. – P. 2351–2356. DOI: 10.1111/1750-3841.13790

Анализ профессиональных рисков в системе сохранения трудового долголетия

А.В. Жеглова

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора,
г. Москва, Россия

Современный подход к сохранению здоровья работающего населения предполагает переход от реагирования на возникшие заболевания работников постфактум к управлению рисками повреждения здоровья. Разработка и внедрение многофакторной системы управления профессиональными рисками должна стать основой сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

Проведены исследования по изучению состояния условий труда и рабочей среды, социально-демографического статуса, оценке профессионального здоровья 2187 работников крупнейшего горно-металлургического предприятия. Сформированы группы риска нарушений здоровья различных профессиональных групп с разработкой программ профилактических мероприятий.

Научно обоснован алгоритм оценки и управления профессиональными рисками здоровью работников, включенный в систему риск-менеджмента предприятия, с модулями по оптимизации условий труда, коррекции факторов риска, медико-профилактическим мероприятиям.

Ключевые слова: профессиональные риски, риск-менеджмент, алгоритм оценки и управления рисками.

Современный подход к сохранению здоровья работающего населения предполагает переход от реагирования на возникшие заболевания работников постфактум к управлению рисками повреждения здоровья. Разработка и внедрение многофакторной системы управления профессиональными рисками должна стать основой сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. Стратегическими задачами российского государства и отечественного бизнеса в условиях ужесточения конкуренции за человеческие ресурсы и снижения численности населения трудоспособного возраста должны стать обеспечение безопасности и улучшение условий труда, сохранение здоровья в процессе трудовой деятельности [3].

Опыт ведущих международных компаний убедительно доказывает, что стабильность развития бизнеса и повышение эффективности управления невозможны без активного использования риск-менеджмента как составной части системы управления компанией вне зависимости от ее масштабов и специфики производства или предоставления услуг. Риск-менеджмент – это система управления рисками, в том числе и профессиональными, направленная на достижение необходимого баланса между получением прибыли и сокращением убытков, в том числе от нарушений здоровья работников предприятия.

Управление профессиональными рисками – это комплекс взаимосвязанных мероприятий, включающих как элементы системы охраны труда, оценку профессиональных рисков, так и применение мер по снижению негативного влияния профессиональных рисков на здоровье работающих [1].

Цель исследования – разработка алгоритма оценки и управления профессиональным риском работников крупного промышленного предприятия.

Проведены исследования по изучению состояния условий труда и рабочей среды, социально-демографического статуса, оценке профессионального здоровья рабочих основных профессиональных групп крупного горно-металлургического предприятия.

Особого внимания заслуживают показатели профессиональной заболеваемости горно-металлургического предприятия, которые имели тенденцию к снижению (3,98 ‰ в 2002 г.), соответствуя низкому уровню профессионального риска. Однако в дальнейшем этот показатель вырос до 18,5 на 10 тыс. работающих (2012 г.), что соответствует уровню риска выше среднего, а к 2021 г. составил 31,8 ‰ (высокий уровень риска). Эта ситуация обусловлена недостаточно эффективным проведением комплексных мероприятий по сохранению здоровья работников предприятия; недостаточными темпами внедрения новых технологий, позволяющих исключить длительный контакт работающих с неблагоприятными факторами, а также проведением углубленного обследования стажированных рабочих, позволяющим более четко диагностировать профессиональную патологию.

Структура профессиональной заболеваемости на изучаемом предприятии характеризуется высоким экстенсивным показателем вибрационной патологии, который за исследуемый период составил свыше 65,0 %, что существенно выше среднероссийских показателей (29,43 % всех хронических профессиональных заболеваний) [2]. Результаты углубленного динамического обследования с анализом распространенности признаков профессиональных заболеваний в изучаемых группах горнорабочих позволил подтвердить приоритетность вибрационной патологии.

Среди рабочих основных профессий горно-металлургического производства (проходчики, бурильщики шпуров, ГРОЗ, машинисты ПСМ, машинисты ПДМ, плавильщики, электролизники, машинисты кранов) начальные признаки воздействия комплекса производственных факторов, отмеченные в 57,9 % случаев, во всех профессиональных группах формировались уже при стаже до 10 лет, нарастая в стажевых группах 11–20 лет и достигая максимальной частоты выявления при стаже свыше 20 лет. Максимальная частота выявления вибрационной патологии отмечалась в стажевой группе 16–20 лет у работников, занимающихся добычей, при стаже выше 20 лет – у металлургов.

При изучении темпов формирования вибрационной патологии в различных профессиональных группах обращают на себя внимание следующие особенности: средний срок прогрессирования признаков воздействия вибрации (ПВВ) до вибрационной болезни (ВБ) I ст. у проходчиков, крепильщиков составил 4,9 ± 2,1 г., у бурильщиков – 5,6 ± 2,0 г., у ГРОЗ – 7,3 ± 2,8 г., у машинистов ПДМ (ПСМ) – 7,7 ± 3,5 г., у работников металлургических заводов – 10,4 ± 4,1 г. Сроки прогрессирования ВБ I ст. до более выраженных форм составили в этих профессиональных группах – 2,9 ± 1,6 г.; 3,3 ± 2,2 г., 3,8 ± 2,8 г., 5,9 ± 3,1 г., 6,2 ± 3,0 г. соответственно. Полученный результат указывает на то, что при длительном латентном периоде формирование вибрационной болезни происходит быстрыми темпами, что обусловливает необходимость формирования групп для проведения направленных профилактических мероприятий.

Анализ клинических проявлений вибрационной болезни в профессиональных группах горно-металлургического производства позволил отметить максимальную частоту выявления синдрома вегетативно-сенсорной полиневропатии (95,7 %), сочетающейся с костно-дистрофическими изменениями различной локализации (78,2 %), а также наличием проявлений компрессионно-ишемического синдрома (радикулопатии) – 81,4 %, в профессиональных группах, подвергающихся не только воздействию вибрации, но и физических перегрузок и функционального перенапряжения.

Формирование компрессионно-ишемических синдромом пояснично-крестцового уровня обусловлено сочетанным воздействием на работников различных профессиональных групп (ГРОЗ, бурильщики, машинисты ПДМ и ПСМ) общей вибрации, превышающей ПДУ, и тяжелых физических нагрузок.

Суммарные индексы профзаболеваний ($И_{пз}$) определялись как наиболее высокие у рабочих основных профессий, занимающихся добычей (проходчики, крепильщики, бурильщики, ГРОЗ, машинисты ПДМ и др.), – 1,24–1,41, что позволяет констатировать сверхвысокий профессиональный риск для здоровья данных производственно-профессиональных групп. У рабочих основных профессий металлургического производства суммарные $И_{пз}$ составили 0,52–0,66, что характеризуется как высокий профессиональный риск.

Комплексная оценка профессионального риска включала также определение стажевых групп повышенного риска формирования профессиональной патологии. Применение методики расчета нормированных интенсивных показателей (НИП), позволило отнести к группам риска по формированию вибрационной патологии проходчиков, бурильщиков, ГРОЗ и машинистов ПДМ со стажем свыше 10 лет (НИП = 1,3–2,1), работников металлургических заводов со стажем свыше 15 лет (НИП = 1,2).

Приоритетными вредными факторами, характеризующими условия труда рабочих горно-металлургического производства, являются шумовибрационный и тяжесть трудового процесса.

При анализе стажевых доз шума и вибрации (по формуле Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова, 2003) по производственно-профессиональным группам отмечаются наиболее высокие их значения у проходчиков (по локальной вибрации и шуму), у бурильщиков, машинистов ПДМ (по общей вибрации и шуму). Отмечено воздействие комплекса производственных факторов (вибрация и тяжесть трудового процесса) у бурильщиков, ГРОЗ, плавильщиков.

Для выявления факторов риска нарушений здоровья и маркеров формирования профессиональной и общей патологии было проведено изучение социально-демографического статуса и клинико-функциональное обследование 2187 работников предприятия в течение 10-летнего периода.

Изучение особенностей социально-демографического статуса рабочих предприятия проводилось методом анкетирования. По результатам опроса лица с высшим образованием среди исследуемой группы рабочих составляют 14,5 %, с незаконченным высшим – 2,1 %, со средним специальным – 62,0 %, со средним образованием – 21,4 %. Большинство респондентов удовлетворены своей профессией (71,0 %), более половины главной причиной неудовлетворенности обозначили уровень заработной платы. Большинство (95,0 %) рабочих указали на необходимость восстановления работы цеховых врачей, возможности санаторно-курортного лече-

ния. Изучение результатов анкетирования показало, что в исследуемой группе 70,8 % работников состоят в браке, остальные (в разводе, вдовцы, одинокие) не имеют полноценной семьи. По полученным данным, более половины (59,1 %) живут в отдельной квартире, 14,1 % – в общежитии или в квартире с подселением, остальные (26,8 %) – имеют съемное жилье; удовлетворены своими жилищными условиями менее половины (42,3 %) респондентов. Исследование показало, что около половины опрошенных проводят свой досуг активно (занятия различными видами спорта, физкультура, посещение бассейна и т.д.) – 48,9 %, остальные имеют недостаточный уровень физической активности (нерегулярные, разовые случаи занятий зарядкой, спортом).

Согласно результатам опроса, основная часть рабочих питалась три раза в день, что соответствует гигиеническим нормативам по режиму питания, однако почти треть респондентов (26,2 %) питались менее трех раз в день. При этом отмечено избыточное поступление с пищей энергии, за счет повышенного потребления жиров и углеводов (у 69,8 % опрошенных), почти половина респондентов отметили недостаточное потребление овощей и фруктов (47,6 %), молочных продуктов (21,2 %). Исследование показало, что почти у половины работников (46,6 %) имеется избыточная масса тела (ИМТ = 25–29,9 кг/м^2) и повышенный риск сердечно-сосудистых заболеваний. Ожирение различной степени выраженности (ИМТ = 30,0–34,9 кг/м^2) и высокий риск сердечно-сосудистых заболеваний установлены у 25,5 % опрошенных. Кроме того, большинство опрошенных не контролируют свой вес (периодически – 48,8 %, никогда – 20,1 %) Исследование показало, что 39,1 % работников информирована о своем уровне сахара в крови, 60,9 % – никогда не думали об измерении уровня сахара поскольку отсутствуют жалобы. Установлено, что более половины респондентов знают свой уровень артериального давления (62,4 %), знают, что у них иногда повышенное артериальное давление – 17,5 %, никогда не думали об измерении артериального давления 20,1 % опрошенных.

Почти половина рабочих курит часто (46,9 %), более трети работников (37,0 %) курили ранее, но бросили на момент исследования или курят иногда, и только 16,1 % не курит и никогда ранее не курили.

При проведении углубленного обследования отмечены повышенные показатели индекса напряжения регуляторных механизмов у горнорабочих изучаемого предприятия, который составил 102,8 ед. при стаже свыше 15 лет, у работников металлургического производства при том же стаже он оставался в пределах нормы. Индекс функциональных изменений при стаже свыше 15 лет в группе рабочих, занятых добычей, составил 3,3 балла, у работников металлургических заводов – 2,8 балла, что отражает выраженное напряжение механизмов адаптации.

При исследовании показателей периферической гемодинамики установлено снижение амплитуды систолической волны, отражающей уровень кровенаполнения сосудов при стаже выше 15 лет: в группе подземных горнорабочих до 0,085 ± 0,002 Ом, у металлургов – до 0,106 ± 0,003 Ом, средняя скорость медленного наполнения, определяющая состояние артерий среднего и мелкого калибра, с увеличением стажа достоверно снижалась в группах подземных горнорабочих и металлургов при стаже выше 15 лет: 0,651 ± 0,017 Ом/с и 0,802 ± ± 0,031 Ом/с соответственно. Изучение показателей проводящей функции пери-

ферических нервов показало достоверное снижение скорости распространения возбуждения по моторным (СРВ-м) и сенсорным (СРВ-с) аксонам с увеличением стажа работы во всех изучаемых группах, что позволяет использовать их как ранние маркеры риска развития профессиональной патологии.

Анализ частоты выявления различных костно-дистрофических проявлений показал, что наиболее существенные различия отмечены в частоте выявления остеопороза, которая достигала максимальной величины у рабочих подземных рудников, подвергавшихся сочетанному воздействию локальной и общей вибрации: горнорабочие подземных рудников – 52,4 ± 4,5 %, что было достоверно чаще, чем в группе рабочих металлургических заводов (39,8 ± 4,2 %). Эти изменения были обусловлены не только наличием «кистовидных» просветлений, очагов атрофии и островков резорбции в костях кистей, но и выявляемыми более чем у половины обследованных горнорабочих (57,8 ± 3,9 %) проявлениями диффузного остеопороза. Также существенные различия отмечены в обследованных группах при изучении состояния костной системы по результатам ультразвуковой костной сонометрии, частота выявления остеопении (начальной стадии снижения минеральной плотности костей) достигала 51,2 ± 6,2 % у горнорабочих подземных рудников по сравнению с металлургами – 39,2 ± 7,4 %. Признаки диффузного остеопороза отмечены у 31,9 ± 5,9 % обследованных горнорабочих в сравнении с 26,7 ± 9,1 % работников металлургического производства.

Проведенный анализ выявил линейные зависимости показателей периферической гемодинамики от стажевых доз общей и локальной вибрации. При нарастании стажевой дозы локальной и общей вибрации отмечается снижение максимальной скорости периода быстрого наполнения (R2 = 0,72 и R2 = 0,51 соответственно), снижение средней скорости периода медленного наполнения (R2 = 0,85 и R2 = 0,68), нарастание межамплитудного коэффициента инцизуры, характеризующего состояние периферического сосудистого сопротивления (R2 = 0,48 и R2 = 0,72).

Результаты проведенного исследования позволили установить приоритетные факторы, определяющие риск развития нарушений здоровья работников изучаемого предприятия, и разработать алгоритм оценки и управления профессиональным риском, включающий последовательную реализацию следующих этапов:

– 1-й этап – создание комиссии по оценке профессионального риска, внесение дополнение (изменений) в положение о специальной оценке условий труда с внедрением новых методов оценки приоритетных факторов рабочей среды и трудового процесса (расчет сажевых доз шумовибрационного фактора);

– 2-й этап – формирование списка рабочих мест для проведения оценки условий труда, выявление приоритетных факторов риска (опасности), оценка уровня профессиональных рисков;

– 3-й этап – выявление факторов риска нарушений здоровья в профессиональных группах (модифицируемых и немодифицируемых) с учетом стажа и дозостажевых характеристик приоритетных факторов (шумовибрационного), индивидуальные карты риска;

– 4-й этап – создание плана по управлению рисками, формирование групп риска для проведения целенаправленных медико-профилактических мероприятий, информирование работников о рисках (их наличии и уровнях);

– 5-й этап – проведение оценки эффективности внедренной системы управления профессиональным для определения проблем реализации мероприятий и их своевременного устранения.

Разработанный алгоритм необходимо включить в систему риск-менеджмента предприятия, поскольку процесс принятия и реализации управленческих решений, которые направлены на снижение вероятности возможных потерь и неблагоприятного результата деятельности, должен содержать и мероприятия, направленные на предотвращение экономического ущерба от нарушений здоровья работников предприятия.

Процесс риск-менеджмента, применяемый на современных крупных промышленных предприятиях, повышает точность информации и анализа, необходимых для принятия стратегических решений на различных уровнях управления рисками, в том числе и профессиональными.

Немаловажным условием эффективного внедрения разработанного алгоритма оценки и управления профессиональным риском на предприятии является активное сотрудничество представителей бизнес сообщества, ученых и практических врачей, направленного на реализацию программ сохранения трудового долголетия.

Модернизация процесса управления профессиональными рисками, объединяющего последовательные организационно-экономические и управленческие действия, направленные на достижение определенного результата в виде минимизации воздействия профессиональных рисков, снижения экономического ущерба и негативного влияния на финансово-хозяйственную деятельность предприятия и трудовую деятельность работников, должна привести в долгосрочной перспективе не только к повышению успешности и эффективности работы компании, но и стать неотъемлемой часть корпоративной культуры предприятия и его работников.

Список литературы

1. Методические подходы к оценке категорий профессионального риска, обусловленного различными видами нарушений здоровья работников, связанными с комплексом факторов рабочей среды и трудового процесса / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, В.Б. Алексеев, А.А. Савочкина, А.И. Савочкин, Е.В. Хрущева. // Анализ риска здоровью. – 2020. – №. 4. – С. 23–30.

2. 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.

3. Производственно обусловленная заболеваемость среди рабочих цветной металлургии при пирометаллургическом способе получения никеля / А.Н. Никанов, В.П. Чащин, Ю.А. Новикова, А.Б. Гудков, О.Н. Попова // Медицина труда и промышленная экология. – 2021. – Т. 61, № 5. – С. 305–310.

Некоторые проблемы установления границ санитарно-защитных зон в условиях градостроительных ограничений

С.Ю. Загороднов, А.А. Бухаринов

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

Санитарно-защитная зона по своему назначению является барьером, обеспечивающим нормативный уровень качества атмосферного воздуха в местах проживания населения. Рассмотрены проблемы установления границ санитарно-защитных зон в условиях градостроительных ограничений. Освещаются вопросы ограничения земельных участков, входящие в границы санитарно-защитных зон, возможные решения по сокращению их границ, подходы по формированию программ натурных исследований качества атмосферного воздуха.

Ключевые слова: санитарно-защитная зона, санитарная классификация, факторы воздействия, нормируемая территория, хозяйствующие субъекты, натурные исследования.

Современные механизмы по минимизации воздействия промышленных выбросов на атмосферный воздух и здоровье человека предполагают использование наилучших доступных технологий, а также внедрение автоматического контроля выбросов на основных источниках предприятия. Тем не менее в настоящий момент крайне актуальным и востребованным инструментом остается создание санитарно-защитных зон как территорий с функциональными ограничениями использования земель [4, 6]. По прямому назначению санитарная зона является барьером, обеспечивающий нормативный уровень качества атмосферного воздуха в местах проживания населения при эксплуатации производства в штатном режиме.

Разработка и установление границ санитарно-защитных зон для объектов производственной деятельности, являющихся источниками воздействия (химического, физического, биологического), определяется требованиями санитарного законодательства Российской Федерации[1] [1, 2, 5, 8].

Размеры санитарно-защитных зон (далее – СЗЗ) определяются на основе расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе. При этом, какой документ может являться базовой основой для оценки воз-

[1] О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения. Статья 12. Санитарно-эпидемиологические требования к планировке и застройке: Федеральноый закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/260a2ac2b363bed73dd8afa6f91a04d9664fbb0e/ (дата обращения: 12.03.2022); Об отверждении Правил установления санитарно-защитных зон и использования земельных участков, расположенных в границах санитарно-защитных зон: Постановление правительства РФ № 222 от 03.03.2018 г. [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_292487 (дата обращения: 12.03.2022); СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902065388 (дата обращения: 12.03.2022).

действия выбросов, например ведомость инвентаризации, утвержденная хозяйствующим субъектом или согласованный в установленном порядке том ПДВ, в нормативно-правовых актах не регламентируется.

Установление границ СЗЗ возможно только при разработке проекта санитарно-защитной зоны. Сложившаяся практика показывает, что для действующих объектов в качестве исходных параметров используют актуальную ведомость инвентаризации, утвержденной в составе проекта нормативов выбросов. На основании полученных результатов расчетов рассеивания устанавливается размер санитарно-защитной зоны, формируется программа натурных наблюдений, принимаются меры по снижению воздействия.

Цель исследования заключалась в обсуждении некоторых аспектов при установлении границ санитарно-защитных зон в условиях градостроительных ограничений.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования было выбрано крупный промышленный комплекс металлургического профиля, расположенный в центральной части крупного городского поселения. Хозяйствующий субъект относятся к I классу опасности с ориентировочным размером ССЗ 1000 м. По санитарной классификации предприятие относится к производству по выплавке спецчугунов; производство ферросплавов, п. 2.1.7. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1200-03. По данным ведомости инвентаризации на площадке предприятия расположено 120 источников выбросов, от которых в атмосферу поступает 48 загрязняющих веществ. Валовый выброс составляет 1160,941 т/г.

Картографирование данных выполняли на единой векторной основе.

В проекте устанавливали как общую внешнюю границу единой ССЗ, так и границы индивидуальных ССЗ внутри, с целью распределения последующих обязанностей хозяйствующих субъектов в части содержания санзоны.

Расчеты рассеивания примесей от выбросов предприятия выполняли с использованием УПРЗА «Эколог», версия 4.50.4, реализующей МРР-2017 «Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе…». Расчеты рассеивания выполняли от всех источников предприятия, с учетом неодновременности работы оборудования, в расчетных точках на внешних границах ориентировочной и сокращенной СЗЗ.

Результаты. В соответствии с установленной санитарной классификацией, от границы промышленной площадки предприятия был отложен 1000-метровый ориентировочный размер ССЗ. Площадь данной территории составляет более 12 км^2. Действующее санитарное законодательство предполагает запрет использование земельных участков в целях размещения: жилой застройки, объектов образовательного и медицинского назначения, спортивных сооружений открытого типа, организаций отдыха детей и их оздоровления, зон рекреационного назначения и для ведения садоводства и т.д. Кроме того, запрещается использование земельных участков для размещения объектов производства и хранения лекарственных средств, объектов пищевых отраслей промышленности, оптовых складов продовольственного сырья и пищевой продукции, комплексов водопроводных сооружений для подготовки и хранения питьевой воды, использования земельных участков в целях производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, предназначенной для дальнейшего использования в качестве пищевой продукции, если химическое, физическое и (или) биологическое воздействие объекта, в отношении которого установлена санитарно-защитная зона, приведет к нарушению качества и

безопасности таких средств, сырья, воды и продукции в соответствии с установленными к ним требованиями[2].

Наложение в центральной части городского поселения указанных выше ограничений предполагает особый статус земельных участков, что влечет за собой существенное сокращение вариантов их использования. Для городской территории данные ограничения являются сдерживающим фактором развития жилой территории, социальной и экономической инфраструктуры.

Для решения задачи оптимизации использования земель, было предложено сокращение границ санзоны, при условии соблюдений действующих норм. Размер минимальной ССЗ представлен на рисунке.

Рис. Карта-схема расположения территории земель ограниченного использования, границ нормативной и сокращенной СЗЗ предприятия

Предложенная граница СЗЗ имеет переменные размеры от 4 до 291 м и составляет 3,9 км^2. Предложенная мера освобождает от ограничений более 8 км^2 территории. При этом в зоне ограниченного использования остается 190 земельных участков, использование которых ограничивается п. 5. Постановления Правительства РФ от 03.03.2018 № 222 «Об утверждении Правил установления санитарно-защитных зон …»[2].

[2] Об утверждении Правил установления санитарно-защитных зон и использования земельных участков, расположенных в границах санитарно-защитных зон: Постановление Правительства РФ от 03.03.2018 № 222 (с изменениями на 3 марта 2022 года) [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/556716724 (дата обращения: 12.03.2022).

Расположение крупного промышленного предприятия в центре городской агломерации предполагает несколько путей развития: внедрение масштабных природоохранные мероприятия по снижению выбросов загрязняющих веществ, в том числе внедрение наилучших доступных технологий, или смену градостроительного зонирования территории, попадающей под ограничения.

Реализация комплекса мероприятий по снижению выбросов и сокращению границ СЗЗ является перспективным инструментом по решению градостроительных вопросов, связанных с ограничением использования ценных земельных участков. Данный подход решает несколько важных организационно-технических и планировочных задач: достигается основная цель по выводу из ограничений земель; предприятие, внедрив наилучшие доступные технологии и / или современные комплексы газоочистки, повышает свою эффективность и производительность; сокращение границы СЗЗ связано с повышением ответственности хозяйствующего субъекта в части обеспечения нормативного качества атмосферного воздуха на ближайших территориях.

Обоснование достаточности границ СЗЗ основывается на результатах натурных исследований атмосферного воздуха выполненных в соответствии с программой наблюдений, представляемой в составе проекта СЗЗ[3].

В связи с этим крайне важным является составление корректной программы контроля: определение приоритетных и маркерных загрязняющих веществ, установление точек максимального загрязнения атмосферного воздуха на границе СЗЗ, периодичность отбора и т.д. При этом составление программы контроля основывается на результатах расчетов рассеивания, выполненных по данным ведомости инвентаризации.

Опыт ранее выполненных исследований в части изучения компонентов пылевых выбросов [3] свидетельствует о различии фракционного состава твердой компоненты выбросов хозяйствующих субъектов с данными, заложенными в ведомости инвентаризации предприятий. В итоге расчетные концентрации примесей, которые ложатся в основу нормирования выбросов и оценку достаточности границ СЗЗ, слабо коррелируют с фактическими данными выбросов предприятия в атмосферный воздух городской территории.

Кроме того, реализуя положения сложившейся нормативной базы, хозяйствующие субъекты в ходе инвентаризации источников выделения и выбросов фрагментируют состав твердой компоненты по химическому составу, выделяя: взвешенные вещества, пыль неорганическую > 70 % SiO_2; пыль неорганическую 20–70 % SiO_2; пыль неорганическую < 20 % SiO_2, мазутную золу, пыли: абразивную, древесную, текстолит, резиновый вулканизат, ферросплавы, полистирол, полисульфонаты и т.п. При этом содержание пыли в атмосферном воздухе в большинстве случаев определяется гравиметрическим методом без глубокой химической дифференциации [7].

Включение в программу специфических, маркерных для производства веществ позволит более надежно контролировать собственные выбросы предприятия, а также

[3] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902065388 (дата обращения: 12.03.2022).

при оценке долевого вклада предприятия в фоновый уровень загрязнения атмосферного воздуха территории представлять надежные сведения о долевом влиянии. Так, выполненные собственные исследования по изучению компонентного профиля выбросов предприятия по производству первичного алюминия установили присутствие в составе компонентов маркерного вещества – оксида алюминия. Доля оксида алюминия в составе выбросов предприятия варьируется в диапазоне 84,83–87,36 %. Выполненный анализ структуры пылевого загрязнения атмосферного воздуха на границе контрольной территории при совместном сопряжении с профилем пылевого загрязнения предприятия позволил установить долевой вклад хозяйствующего субъекта. Результаты анализа представлены в таблице.

Вклад загрязняющих веществ предприятия в уровень пылевого загрязнения атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны

Вещество	Расчетная приземная концентрация от источников предприятия, мг/м^3	Измеренная концентрация на границе нормируемой территории, мг/м^3	Вклад источников на границе нормируемой территории в пылевое загрязнение, %	
			по отдельным примесям	в суммарное загрязнение
Al_2O_3	0,0243	0,0249	97,5	40,45
SiO_2	0,0004	0,0129	2,91	0,63
CaF_2	0,0007	0,0062	11,8	1,22
NaF	0,0017	0,0060	28,7	2,87
FeO	0,0003	0,0033	9,64	0,53
Fe_2S	0,0007	0,0012	57,0	1,15
Прочие примеси	0,0022	0,0057	39,8	3,65
ИТОГО	0,0303	0,0600	–	50,5

Данный подход позволил установить вклад предприятия в фактическое загрязнение атмосферного воздуха в целом, которое составляет порядка 50 %, и маркерного компонента, оксида алюминия, вклад которого составляет не более 41 %.

Выводы. Санитарно-защитные зоны были и остаются надежным инструментом защиты населения от вредного воздействия производственной деятельности. При этом градостроительная ситуация крупных городских территорий требует принятия мер по минимизации границ СЗЗ. Установленные в результате организации санзоны ограничения использования земельных участков, расположенных внутри контура СЗЗ, существенно ограничивают развитие данной территории и, как следствие, городской агломерации в целом. Экономически привлекательные земельные участки становятся заложниками действующих ограничений.

Повышение экологичности производства за счет внедрения НДТ, установки пылегазоочитски позволит промышленным предприятиям максимально сокращать нормативные границ СЗЗ. При этом полученные эффекты будут заключаться в снижении фактической нагрузки выбросов хозяйствующего субъекта на атмосферный воздух, повышении эффективности производства и возрастании ответственности предприятия за обеспечение безопасности населения.

Данный подход крайне выгоден для города и является оптимальным инструментом взаимодействия промышленности и социальной инфраструктуры в условиях градостроительного пространства.

С целью повышения надежности контроля выбросов рекомендуется включать в программу маркерные компоненты, характеризующие хозяйствующий субъект, осуществляющий мониторинг. Данный подход позволит контролировать собственное загрязнение атмосферного воздуха, а при необходимости выделять доли маркерных компонентов в составе общего пылевого загрязнения.

Список литературы

1. Арефьева А.В., Гречишникова Н.А., Звегинцева Т.Н. Порядок согласования и утверждения проектов санитарно-защитных зон предприятий // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть. – М., 2018. – Т. 1. – С. 380–386.

2. Магид А.Б., Муликова А.А., Мухамадиева А.И. Особенности решения вопросов экологической безопасности и обеспечения санитарно-гигиенических требований при разработке проектов санитарно-защитных зон для группы предприятий. Мир нефтепродуктов // Вестник нефтяных компаний. – 2016. – № 4. – С. 44–45.

3. Май И.В., Загороднов С.Ю. Обоснование программы производственного контроля пыли на границе санитарно-защитной зоны с учетом профиля выбросов предприятия // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 11. – С. 45–49.

4. Мониторинг и управление качеством приземного воздуха в Российской Федерации и Великобритании: правовые, организационные и научно-технические аспекты / под ред. В.Ф. Панина, В.А. Попова. – Томск: Томский политехнический университет; Администрация города Томска, 2003. – 228 с.

5. Нифонтова Т.И. Проектирование санитарно-защитных зон при эксплуатации и модернизации предприятия. Ключевые вопросы экспертизы и согласования. Практические рекомендации // Нефть. Газ. Новации. – 2012. – № 12. – С. 15–18.

6. Проектирование и организация санитарно-защитных зон в Российской Федерации прошлое, настоящее и будущее / А.Ю. Ломтев, А.О. Карелин, Г.Б. Еремин, М.В. Волкодаева, И.А. Наумов // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2017. – Т. 12, № 2. – С. 749–754.

7. РД 52.04.893-2020. Массовая концентрация взвешенных веществ в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений гравиметрическим методом [Электронный ресурс]. – URL: https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293720/4293720281.htm (дата обращения: 12.03.2022).

8. Сосновцева Е.В., Садыкова Г.А. Опыт разработки проекта единой (окончательно установленной) санитарно-защитной зоны // Нефтепромысловое дело. – 2011. – № 8. – С. 84–87.

Распространенность болезней щитовидной железы за период 2015–2020 гг. у детей, проживающих в Пермском крае

М.Т. Зенина, И.Е. Штина, О.Ю. Устинова, Ю.А. Ивашова

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

Болезни щитовидной железы занимают одно из ведущих мест в структуре общей эндокринной патологии. Выполнен анализ частоты и динамики распространенности болезней щитовидной железы за период 2015–2020 гг. у детей Пермского края, проживающих на территориях с различным уровнем санитарно-гигиенического благополучия среды обитания по данным официальной статистики. Согласно данным Росстата диапазон колебаний уровня распространенности болезней щитовидной железы в регионах Пермского края составил 1,4–19,4 ‰, эндемическим зобом вследствие йодной недостаточности – 0,29–15,3 ‰, субклиническим гипотиреозом, связанным с йодной недостаточностью, – 0,29–4,77 ‰, тиреоидитом – 0,26–2,37 ‰. Установлено, что динамика общей и первичной распространенности болезней щитовидной железы и отдельных нозологических форм тиреоидной патологии, ассоциированной с йодной недостаточностью, имеет разнонаправленное изменение, а кратность различий распространенности тиреопатий, в зависимости от территории, достигала 52,8 раза.

Ключевые слова: болезни щитовидной железы, общая заболеваемость, первичная заболеваемость, дети, Пермский край.

По сведениям Федеральной службы государственной статистики в Российской Федерации болезни щитовидной железы занимают второе место в структуре эндокринной патологии[1], при этом факторы природного и техногенного характера могут способствовать росту частоты и изменению структуры тиреоидной патологии [2, 4]. Информирование работниками медицинской сферы населения об истинном уровне заболеваемости болезней щитовидной железы и их последствий является одним из звеньев своевременной профилактики данной патологией [3, 5].

Цель исследования – изучить частоту и динамику распространенности болезней щитовидной железы за период 2015–2020 гг. у детей в возрасте от 0 до 14 лет, проживающих в Пермском крае и его территориях.

Материалы и методы. Проведено сравнение уровня распространенности у детского населения болезней щитовидной железы по Пермскому краю и четырех отдельных территорий, характеризующихся различными социально-экономическими, санитарно-гигиеническими условиями проживания[2]: г. Пермь, г. Березники, Добрянский и Ильинский районы. Город Пермь – краевой центр с населением превышаю-

[1] Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – URL: https://rosstat.gov.ru/folder/13721 (дата обращения: 04.08.2021).

[2] О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края: ежегодный экологический доклад [Электронный ресурс]. – URL: https://clck.ru/WcYmK (дата обращения: 04.08.2021); Пермский край в цифрах. 2019: краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю. – Пермь, 2019. – 200 с.

щим 1 млн человек. Основная индустрия – нефтехимия, машиностроение, деревообработка, полиграфия и пищевая. Березники – город Пермского края с населением около 16,5 тыс. человек. Основой экономики являются предприятия по производству калийных удобрений, красителей, фотохимической и лакокрасочной продукции. Численность населения Добрянского городского округа составляет около 55 тыс. человек. Промышленность округа представлена предприятиями электроэнергетики, строительства, нефтяной промышленности, лесопромышленного комплекса и пищевой отрасли. Население Ильинского района 18 тыс. человек. Основные отрасли промышленности – лесопереработка, производство и разработка оборудования для нефтедобывающей промышленности.

Анализ распространенности среди детского населения эндокринной патологии и болезней щитовидной железы выполнен по данным статистических материалов Пермского краевого медицинского информационно-аналитического центра за период 2015–2020 гг. Проанализирована общая и впервые выявленная распространенность болезней эндокринной системы, болезней щитовидной железы, в том числе эндемического зоба, связанного с йодной недостаточностью, субклинического гипотиреоза вследствие йодной недостаточности и тиреоидита. На основании линейной регрессии проведена оценка динамики заболеваемости.

На отдельных территориях (Ильинский район) в связи с низкими значениями впервые выявленной распространенности и отсутствием данных за некоторые изучаемые годы анализ отдельных нозологических форм не проводился.

Математический анализ произведен с применением пакета статистических функций Microsoft Excel, 2010 и статистического приложения Jamovi.

Результаты. Оценка статистических данных установила отсутствие динамических колебаний уровня общей и первичной заболеваемости детей болезнями эндокринной системы у детей Пермского края за период 2015–2020 гг. (табл. 1). В то же время сопоставление показателей уровня впервые выявленной заболеваемости изучаемым классом болезней установило, что в Пермском крае уровень заболеваемости до 1,4 раза превышает показатель РФ по данным Федеральной службы государственной статистики (22,7 против 16,0 ‰ за 2019 г.)[3].

Таблица 1

Динамика заболеваемости болезнями эндокринной системы в Пермском крае у детей от 0 до 14 лет за период 2015–2020 гг., ‰

Параметр	Год						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	*p*
Болезни эндокринной системы	52,2	54,6	54,7	52,4	54,0	50,3	0,403
Впервые выявленные болезни эндокринной системы	22,3	24,9	23,8	23,2	22,7	19,1	0,181

По данным ранее проведенных исследований медианна концентрации йода в моче населения Пермского края находится на нижней границе нормы (100 мкг/л) заболеваемость эндемическим зобом превышает 5 %, что позволяет отнести Пермский край к территории йодного дефицита [1]. Распространенность болезней щитовидной железы и отдельных нозологических форм (эндемический зоб и субклинический гипотиреоз вследствие йодной недостаточности), представлена в табл. 2.

[3] Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – URL: https://rosstat.gov.ru/folder/13721 (дата обращения: 04.08.2021).

Таблица 2

Общая заболеваемость болезнями щитовидной железы у детей от 0 до 14 лет в Пермском крае и его территориях за период 2015–2020 гг., ‰

Территория	Год						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	*p*
Болезни щитовидной железы							
Пермский край	7,30	8,38	8,38	7,58	6,91	6,10	0,137
г. Пермь	10,9	13,3	13,3	12,0	10,2	8,22	0,16
Добрянский район	2,31	2,17	2,24	1,90	2,62	2,62	0,32
г. Березники	19,4	18,2	18,3	18,4	17,5	17,7	0,035
Ильинский район	1,14	1,41	1,40	2,26	2,32	1,45	0,256
Эндемический зоб, связанный с йодной недостаточностью							
Пермский край	3,18	3,70	3,44	3,00	2,93	2,37	0,06
г. Пермь	3,98	5,01	4,50	4,06	4,0	2,81	0,136
Добрянский район	0,71	0,78	1,03	0,87	1,14	1,14	0,019
г. Березники	15,3	14,5	15,7	14,9	14,0	13,2	0,084
Ильинский район	0,29	0,56	0,56	1,13	1,45	0,87	0,074
Субклинический гипотиреоз вследствие йодной недостаточности							
Пермский край	2,34	2,14	2,11	2,03	1,96	1,75	0,001
г. Пермь	4,77	4,14	3,77	3,47	3,00	2,40	<0,001
Добрянский район	0,80	0,61	0,60	0,61	0,87	1,05	0,214
г. Березники	0,75	0,70	0,71	0,75	0,84	0,96	0,048
Ильинский район	0,86	0,56	0,56	0,85	0,58	0,29	0,184
Тиреоидит							
Пермский край	0,56	0,70	0,69	0,65	0,69	0,69	0,229
г. Пермь	0,56	0,92	0,94	0,79	0,90	0,90	0,257
Добрянский район	0,53	0,52	0,43	0,26	0,35	0,26	0,016
г. Березники	2,37	1,76	1,45	2,18	1,49	1,49	0,204
Ильинский район	Нет данных	0,28	0,28	0,28	0,29	Нет данных	0,225

Изменение показателей уровня распространенности тиреоидной патологии в Пермском крае в целом согласуется с динамикой в Российской Федерации [3]. На территории Добрянского и Ильинского районов по данным за 2020 г., уровень заболеваемости болезнями щитовидной железы в 2,3–4,2 раза ниже краевого, в то время как в городах Пермь и Березники – от 1,3 до 3,0 раза выше. Аналогичная разница отмечена при анализе распространенности отдельных нозологических форм тиреиодной патологии. Диапазон уровня распространенности эндемического зоба, связанного с йодной недостаточностью, на изучаемых территориях за период 2015–2020 гг. составил 0,29–15,7 ‰, с субклиническим гипотиреозом вследствие йодной недостаточности – 0,29–4,77 ‰, с тиреиодитом – 0,26– 2,37 ‰ (табл. 2).

При оценке динамики распространенности болезней щитовидной железы на изучаемых территориях статистически значимых различий не получено ($p = 0{,}16–0{,}32$), за исключением г. Березники, где отмечается достоверное снижение показателей распространенности с 19,4 до 17,7 ‰ ($p = 0{,}035$). Оценка динамики заболеваемости эндемичеким зобом вследствие йодной недостаточности имеет разнонаправленные изменения: тенденцию к снижению роста в г. Березники ($p = 0{,}084$) и по Пермскому краю в целом ($p = 0{,}06$), тенденцию к повышению в Ильинском районе ($p = 0{,}074$) и достоверное повышение заболеваемости эндемическим зобом в Добрянском районе в 1,6 раза ($p = 0{,}019$). Динамика распространенности субклинческого гипотиреоза показала зна-

чимое снижение показателей в целом по Пермскому краю ($p = 0{,}001$) и г. Перми ($p < 0{,}001$), и рост распространенности в г. Березниках в 1,3 раза ($p = 0{,}048$). При оценке динамики заболеваемости тиреоидитом установлено достоверное снижение показателей в Добрянском районе в 2,0 раза ($p = 0{,}016$) при отсутствии динамики на территории Пермского края, г. Перми и Березниках, в Ильинском районе ($p = 0{,}204$–$0{,}257$) (табл. 2).

Дополнительный анализ заболваемости выявил, что кратность различий уровня заболеваемости в зависимости от территории составила до 52,8 раза (на примере данных за 2015 г. уровень заболеваемости эндемическим зобом в г. Беризники и в Ильинском районе 15,3 против 0,29 ‰).

Анализируя динамику впервые выявленной заболеваемости болезнями щитовидной железы у детей Пермского края в возрасте от 0 до 14 лет за 2015–2020 гг., установлено снижение распространенности болезней щитовидной железы в 2,6 раза ($p < 0{,}001$), эндемическим зобом, связанным с йодной недостаточностью, – в 2,8 раза ($p < 0{,}001$), субклиническим гипотиреозом вследствие йодной недостаточности – в 1,9 раза ($p = 0{,}117$), при отсутствии стабильного снижения первичной заболеваемости тиреодитом ($p = 0{,}320$) (табл. 3).

Таблица 3

Впервые выявленная заболеваемость болезнями щитовидной железы у детей Пермского края от 0 до 14 лет за период 2015–2020 гг., ‰

Параметр	Год						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	*p*
Болезни щитовидной железы	2,77	2,34	2,31	1,82	1,57	1,07	< 0,001
Эндемический зоб, связанный с йодной недостаточностью	1,19	1,05	0,94	0,63	0,58	0,42	< 0,001
Субклинический гипотиреоз вследствие йодной недостаточности	0,64	0,42	0,35	0,35	0,42	0,34	0,117
Тиреоидит	0,15	0,16	0,15	0,19	0,14	0,10	0,320

Выводы. У детей в возрасте 0–14 лет, проживающих на территориях Пермского края, общая и первичная заболеваемость болезнями эндокринной системы, болезнями щитовидной железы и отдельными формами тиреоидной патологии имеет разнонаправленные изменения в зависимости от нозологической формы и территории. Кратность различий уровня заболеваемости в зависимости от территории составила до 52,8 раза. Высокий уровень заболеваемости болезнями щитовидной железы на отдельных территориях требуют анализа причин, в том числе рискогенных факторов внешней среды.

Список литературы

1. Алфёрова В.И., Мустафина С.В., Рымар О.Д. Йодная обеспеченность в России и мире: что мы имеем на 2019 год? // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2019. – № 15 (2). – С. 73–82.

2. Лужецкий К.П., Цинкер М.Ю., Вековшинина С.А. Структурно-динамический анализ эндокринной патологии на территориях Российской Федерации с различным уровнем и спектром загрязнения среды обитания // Здоровье населения и среда обитания. – 2017. – Т. 290, № 5. – С. 7–11.

3. Огрызко Е.В., Шелепова Е.А., Кузнецова В.П. Динамика заболеваемости щитовидной железы среди детей в возрасте 0–17 лет в Российской Федерации // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2020. – № 3. – С. 341–356. DOI: 10.24411/2312-2935-2020-00076

4. Урманова Ю.М., Азимова Ш.Ш., Рихсиева Н.Т. Частота и структура заболеваний щитовидной железы у детей и подростков по данным обращаемости // Международный эндокринологический журнал. – 2018. – Т. 14, № 2. – С. 163–167. DOI: 10.22141/2224-0721

5. Hanley P., Lord K., Bauer A.J. Thyroid Disorders in Children and Adolescents: A Review // JAMA Pediatr. – 2016. – Vol. 170 (10). – P.1008–1019. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2016.0486.

Исследования содержания бенз(а)пирена в крови детского и взрослого населения, проживающего в различных условиях антропогенного воздействия

А.С. Зорина, Л.А. Зверева, Т.Д. Карнажицкая, Т.С. Уланова

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

Представлены результаты анализа бенз(а)пирена в крови детского и взрослого населения, проживающего на территории Восточной Сибири в зоне влияния промышленных выбросов (группа наблюдения) и вне зоны действия выбросов предприятий (группа сравнения). В группе наблюдения бенз(а)пирен в крови обнаружен у 16,0 % обследованных детей и 18,1 % обследованных взрослых со средней концентрацией у детей 0,0078 ± 0,0019 мкг/дм^3, у взрослых – 0,0089 ± 0,0021 мкг/дм^3. Установлено более высокое, в 1,7 раза, содержание бенз(а)пирена в крови детей и взрослых группы наблюдения по отношению к группе сравнения.

Ключевые слова: бенз(а)пирен, кровь, высокоэффективная жидкостная хроматография, флуориметрический детектор.

Загрязнение атмосферного воздуха вредными токсичными веществами, являющимися канцерогенами для человека, является серьезной проблемой для здоровья населения. В условиях комплексного поступления химических соединений в организм актуальной является проблема выделения приоритетных видов загрязнителей, их количественного определения и оценки опасности воздействия с целью обоснования рисков, оптимизации наблюдений в рамках социально-гигиенического мониторинга и принятия управленческих решений в области охраны окружающей среды и здоровья населения. В связи с этим важным направлением исследований является

контроль содержания опасных соединений, в том числе бенз(а)пирена, в биологических средах населения, проживающего в зоне влияния промышленных выбросов.

Одним из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды является бенз(а)пирен (1,2-бензпирен; 3,4-бензпирен), который относится к семейству полициклических углеводородов (ПАУ) (рисунок). Бенз(а)пирен хорошо растворим в неполярных органических растворителях, в бензоле, толуоле, ксилоле, диэтиловом эфире, хлористом метилене, серной кислоте и ограниченно растворим в более полярных растворителях – этаноле, метаноле.

Бенз(а)пирен – вещество первого класса опасности, обладает мутагенным, канцерогенным, эмбриотоксическим и тератогенными эффектами [2, 5, 10, 16]. Среди всех ПАУ является одним из наиболее сильных канцерогенов, проявляя как местные, так и системные канцерогенные эффекты вне зависимости от способа введения [11, 15]. При воздействии на организм бенз(а)пирен может вызывать такие нежелательные эффекты, как снижение иммунной функции, риск возникновения сахарного диабета, заболевания глаз, кровеносной и эндокринной систем, повреждение почек, печени, легких, желудочно-кишечного тракта, мочеполовых путей и сердечно-сосудистой системы [7–9, 12–14].

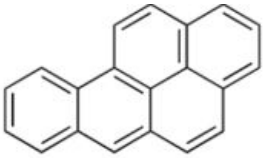


Рис. 1. Структурная формула бенз(а)пирена

Бенз(а)пирен образуется в результате неполного сгорания (пиролиза) органических материалов. Антропогенными источниками поступления в атмосферу являются промышленные выбросы, выхлопы автомобилей, выбросы от предприятий теплоэнергетики и переработки нефти, а также сигаретный дым [3, 6, 7]. Основные источники загрязнения атмосферы бенз(а)пиреном в Восточной Сибири – промышленные и отопительные котельные, бытовые печи, предприятия металлургии, горящие свалки, автотранспорт и др. [4].

Цель исследования – изучение контаминации биологических сред (кровь) бенз(а)пиреном детского и взрослого населения в зоне влияния промышленных выбросов и вне зоны промышленного действия на территории Восточной Сибири.

В 2021 г. специалистами ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» лаборатории методов жидкостной хроматографии проведены скрининговые исследования по определению концентраций бенз(а)пирена в образцах крови детей (n = 281) и взрослых (n = 155), проживающих в зоне влияния промышленных выбросов (территория наблюдения), и детей (n = 132) и взрослых (n = 91), проживающих вне зоны действия промышленных выбросов (территория сравнения).

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, выполненном специалистами ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Определение бенз(а)пирена в крови проведено на жидкостном хроматографе Agilent 1200 Series с флуориметрическим детектором в соответствии с МУК 4.1.3040-12 [1]. Измерение основано на экстракции бенз(а)пирена из биологического материала ацетонитрилом в присутствии высаливателей и очистке экстракта на сорбенте С18. Нижний предел количественного определения бенз(а)пирена равен 0,02 мкг/дм^3, относительная погрешность измерения 24 %.

В таблице представлены результаты анализа бенз(а)пирена в крови детей и взрослых, проживающих на территориях наблюдения и сравнения. В результате проведенных исследований установлено, что бенз(а)пирен в пробах крови у детей, проживающих на территории наблюдения, обнаружен в диапазоне концентраций от 0,0200 до 0,0699 мкг/дм^3 и территории сравнения в диапазоне концентраций от 0,0200 до 0,0291 мкг/дм^3. Рассчитанное среднегрупповое значение бенз(а)пирена в крови детей, проживающих на территории наблюдения, составило 0,0078 ± 0,0019 мкг/дм^3, на территории сравнения – 0,0045 ± 0,0011 мкг/дм^3. Установлено, что содержание бенз(а)пирена в крови детского населения, относящегося к группе наблюдения, в 1,7 раза выше, чем в группе сравнения. При этом бенз(а)пирен в крови детей определялся чаще в 2,1 раза на территории наблюдения.

Уровни содержания бенз(а)пирена в крови детского и взрослого населения в группах наблюдения и сравнения

Территория	Группа по возрасту	Средняя концентрация в крови, мкг/дм^3	Диапазон обнаруженных концентраций, мкг/дм^3	Количество проб с содержанием бенз(а)пирена в диапазоне определяемых концентраций, %
Группа наблюдения	Дети	0,0078 ± 0,0019	0,0200–0,0699	16,0
Группа сравнения		0,0045 ± 0,0011	0,0200–0,0291	7,6
Группа наблюдения	Взрослые	0,0089 ± 0,0021	0,0200–0,1076	18,1
Группа сравнения		0,0053 ± 0,0013	0,0200–0,0582	7,7

Бенз(а)пирен в пробах крови взрослого населения, проживающего на территории наблюдения, обнаружен в диапазоне концентраций от 0,0200 до 0,1076 мкг/дм^3 и территории сравнения в диапазоне концентраций от 0,0200 до 0,0582 мкг/дм^3. Рассчитанное среднегрупповое значение бенз(а)пирена в крови взрослого населения, проживающего на территории наблюдения, составило 0,0089 ± 0,0021 мкг/дм^3, на территории сравнения – 0,0053 ± 0,0013 мкг/дм^3. Установлено более высокое (в 1,7 раза) содержание бенз(а)пирена в крови обследованных группы наблюдения по отношению к группе сравнения. И так же, как и при исследовании детского населения, бенз(а)пирен в крови взрослого населения определялся чаще в 2,4 раза на территории наблюдения.

При сравнении содержания бенз(а)пирена в крови детского и взрослого населения установлено, что бенз(а)пирен обнаруживается в больших количествах в крови взрослого населения как в группе наблюдения, так и в группе сравнения, что может быть связано с возможно более продолжительным действием антропогенной нагрузки на взрослое население.

Результаты проведенных исследований показали, что бенз(а)пирен, относящийся к экотоксикантам, обнаружен в 16,0 % проб крови у детей и 18,1 % у взрослых на территории наблюдения и в 7,6 % проб крови детей и в 7,7 % у взрослых на территории сравнения вблизи нижней границы диапазона измеряемых концентраций методики – от 0,020 до 0,108 мкг/дм^3. Установлено более высокое, в 1,7 раза, содержание бенз(а)пирена в крови детей и взрослых группы наблюдения по отношению к группе сравнения.

Полученные результаты могут быть использованы в эпидемиологических исследованиях при оценке риска экспозиции экологических токсикантов на здоровье детского и взрослого населения, проживающего на территории Восточной Сибири в зоне влияния промышленных выбросов.

Список литературы

1. 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.

2. Лазарев Н.В. Вредные вещества в промышленности: органические вещества. – Л.: Химия, 1976. – Т. 1. – 590 с.

3. Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е. Полициклические ароматические углеводороды в дорожном покрытии и экраноземах восточного округа Москвы // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. – 2020. – № 2. – С. 94–117.

4. О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2020 году: Государственный доклад. – Красноярск, 2021. – 327 с.

5. Основы аналитической химии: в 2 т. / под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Академия, 2012. – 384 с.

6. A review of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their human health effect / K. Kim, S.A. Jahan, E. Kabir, R.J. Brown // Environment International. – 2013. – Vol. 60. – P. 71–80.

7. Abdel-Shafy H.I., Mansour M.S.M. A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation // Egyptian Journal of Petroleum. – 2016. – Vol. 25, № 1. – P. 107–123.

8. Association of polycyclic aromatic hydrocarbons metabolites and risk of diabetes in coke oven workers / L. Yang, K. Yan, D. Zeng [et al.] // Environmental Pollution. – 2017. – Vol. 223. – P. 305–310.

9. Biological impact of environmental polycyclic aromatic hydrocarbons (ePAHs) as endocrine disruptors / Y. Zhang, S. Dong, H. Wang [et al.] // Environmental Pollution. – 2016. – Vol. 213. – P. 809–824.

10. Changes of biomarkers with oral exposure to benzo(a)pyrene, phenanlhrene and pyrene in rats / H. Kang, S. Jeong, M. Cho, J. Cho // Journal of Veterinary Science. – 2007. – Vol. 8, № 4. – P.361–368.

11. IARC Monographs on the evaluation of the risks to humans. – Lyon, 1987. – 449 p.

12. Mixture effects of oxygenated PAHs and benzo[a]pyrene on cardiovascular development and function in zebrafish embryos / V. Cunha, C. Vogs, F. Le Bihanic, K. Dreij // Environment International. – 2020. – Vol. 143. – P. 1–12.

13. Moorthy B., Chu C., Carlin D.J. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: From Metabolism to Lung Cancer // Toxicological Sciences. – 2015. – Vol. 145, № 1. – P. 5–15.

14. Ramesh A., Harris K.J., Archibong A.E. Reproductive Toxicity of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons // Reproductive and Developmental Toxicology. – 2017. – P. 745–763.

15. Shabad L.M. Precancer in its experimental and morphological aspect. – M.: Meditsina, 1967. – P. 352–373.

16. Weiburger J., Williams G. Environmental mutagens and carcinogens. – Tokyo, 1982. – P. 283–294.

Количественная характеристика экспозиции для оценки риска здоровью населения от воздействия атмосферных загрязнений при реализации федеральной программы «Чистый воздух»

В.А. Кислицин, Т.А. Шашина, Н.С. Додина, Н.Н. Рыжаков, А.В. Воронова

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора,
г. Мытищи, Россия

Рассматриваются проблемы количественной характеристики экспозиции для оценки острых и хронических рисков здоровью населения. Выполнен анализ результатов экспозиций для четырех городов-участников федеральной программы «Чистый воздух», разбор возникших при этом проблем и способов их решения.

Рассмотрены особенности получения концентраций веществ на основе мониторинга и моделирования с применением УПРЗА «Эколог-Город». Недостатком серии программ «Эколог» является невозможность рассчитать концентрации для адекватного применения критериев острых рисков. Предложен приближенный метод получения одночасовых концентраций из максимальных разовых измерений программы «Эколог», в основе которого лежит закон Хабера.

Применение сводных расчетов по суммарным выбросам различных групп источников позволило при оценке экспозиции максимально полно учесть их вклад в загрязнение атмосферного воздуха.

Количество приоритетных веществ по городам составило от 43 до 58, а число расчетных концентраций по УПРЗА «Эколог-Город» для каждого вещества определено от 7881 до 21 105. Длительность расчетов по одному городу составляла несколько десятков часов.

При этом в городах наблюдалось превышение допустимого сводными расчетами несовпадения результатов мониторинга и компьютерного моделирования. Одной из причин является использование программой «Эколог» для расчета концентраций средних значений метеопараметров по метеоданным за последние несколько лет. Метеоусловия в момент измерения натурных концентраций могли ощутимо отличаться от средних погодных условий. Другой причиной может быть проведение расчетов без учета многоэтажной застройки

в городах. Также на величины натурных и расчетных концентраций, используемых при оценке рисков здоровью, оказывают влияние чувствительность используемых методик определения веществ в атмосферном воздухе, неполный учет источников выбросов из-за отсутствия нужных сведений об их параметрах и ряд других причин.

Ключевые слова: оценка экспозиции, одночасовые и среднегодовые концентрации, УПРЗА «Эколог», закон Хабера, риск здоровью.

Важным этапом оценки риска здоровью от воздействия химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, является оценка экспозиции, которая позволяет получить количественные значения уровня воздействия, являющиеся основой для расчетов риска.

Цель исследования – изложение результатов, полученных при оценке экспозиции с применением компьютерного моделирования, анализ проблем, которые возникли при расчетах, изложение метода получения одночасовых концентраций из максимальных разовых концентраций.

Задачи, которые рассматриваются в данной работе, включают:

♦ сравнение двух методов получения приземных концентраций и анализ причин несовпадения результатов, получаемых по данным мониторинга и моделирования;

♦ рассмотрение результатов, полученных при оценке экспозиции с применением компьютерного моделирования по программе УПРЗА «Эколог-Город»;

♦ получение приемлемых для расчета острых рисков 1-часовых концентраций из максимальных разовых концентраций, рассчитанных по УПРЗА «Эколог».

При оценке риска здоровью величина экспозиции человека к вредным химическим веществам, содержащимся в атмосферном воздухе, определяется по их концентрациям, которые могут быть измерены в результате натурных исследований или рассчитаны с использованием специальных компьютерных программ.

Оценка экспозиции по данным натурных исследований является наиболее точным подходом, поскольку позволяет измерить концентрации исследуемых веществ в непосредственной близости от точки воздействия. Наличие современных методов и измерительной аппаратуры открывает широкие возможности проведения мониторинга атмосферного воздуха, начиная от персональных измерителей и кончая измерениями с околоземных орбит.

К недостаткам такого подхода к количественной оценке экспозиции следует отнести невозможность получения перспективных оценок, высокую стоимость, большие временные затраты на получение результатов и некоторые другие особенности.

По методу компьютерных расчетов, часто его называют еще методом моделирования, вычисления проводятся на основе применения какой-либо математической модели рассеивания выбросов от источников в приземном слое атмосферного воздуха.

Достоинства метода: получение концентраций на любой период в прошлом, настоящем и будущем, невысокая стоимость получения результатов, возможность получать концентрации для большого числа компонентов выбросов за один прогон программы и другие.

Недостатками метода можно считать получение в ряде случаев большие неопределенности значений расчетных концентраций, которые могут возникать из-за неадекватности используемой программы моделирования, большой вариабельности климатических параметров, особенно при современном состоянии погодных условий, а также неточного задания параметров источников выбросов.

Одной из программ для расчета приземных концентраций является унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог-Город» версии 4.6 [4], входящая в серию программ «Эколог».

Эта программа является одной из немногих сертифицированных программ, позволяющих одновременно рассчитывать концентрации выбрасываемых в атмосферу химических веществ от всех стационарных источников города и автотранспорта, без каких-либо ограничений на объем вычислений.

УПРЗА «Эколог-Город» обладает целым рядом достоинств, из которых, на наш взгляд, наиболее существенными являются следующие:

♦ возможность рассчитать концентрации приоритетных выбросов источников целого города за один прогон программы;

♦ способность учесть особенности рассеивания источников разнообразных типов и их модификаций;

♦ возможность учитывать влияние многоэтажной застройки на рассеивание выбросов в условиях города;

♦ способность сформировать ряд отчетов, из которых наиболее ценными при проведении оценки риска являются отчет по суммарным выбросам веществ в городе и отчет по вкладам отдельных предприятий в суммарные выбросы каждого вещества в городе.

В рамках работ по оценке риска при реализации федеральной программы (ФП) «Чистый воздух» в четырех городах-участниках расчет концентраций осуществлялся УПРЗА «Эколог-Город», поскольку только эта программа позволяла обработать имевшиеся исходные данные для расчета концентраций от воздушных выбросов всех источников по всему городу с нужным шагом расчетной сетки.

Нами были выполнены четыре оценки риска для городов-участников ФП «Чистый воздух» – Череповец, Липецк, Омск и Новокузнецк. В качестве исходных данных по объемам выбросов для этих городов использовались данные, собранные для проведения сводных расчетов организациями Росприроднадзора. В них содержались сведения о выбросах от источников промышленных предприятий, городских организаций, автотранспорта, курсирующего внутри города, от автономных источников теплоснабжения города, а также параметры всех источников. Такой состав исходных данных позволил учесть подавляющее большинство источников выбросов в городе и дал возможность оценить с некоторой неопределенностью риск здоровью населения в целом по городу и в отдельных жилых районах и особых зонах.

Для получения представления о размерности решаемой задачи по расчету концентраций приведем численную характеристику объема исходных данных по г. Липецку, обладающему самой большой базой исходных данных среди анализируемых городов: 721 предприятие, 7465 источников выбросов, в том числе 3914 организованных и 3551 неорганизованный. Суммарные выбросы 291 загрязняющего вещества в атмосферу от стационарных источников составили 371 371,49 т/г.; суммарный выброс автотранспорта от 103 участков автодорог (10 веществ) – 43 400,0 т/г.; выбросы от автономных источников теплоснабжения (АИТ), в котором учтено 246 источников (5 веществ), – 916,821 т/г.

Полученные результаты расчетов концентраций также характеризуются большими объемами данных. Количество приоритетных веществ, участвовавших в расчетах концентраций длительного осреднения, изменялось от 43 до 58, число расчетных точек варьировалось от 7881 до 21 105 в зависимости от конфигурации

границ городов и шага расчетной сетки. Длительность расчетов по одному городу на современном персональном компьютере составляла несколько десятков часов.

Отрицательным моментом при проведении расчетов концентраций на этапе оценки экспозиции, связанной с применением УПРЗА «Эколог-Город» версии 4.6 [4], стало отсутствие совпадения результатов мониторинга и машинных расчетов для целого ряда веществ. Это можно объяснить следующим.

Согласно методам расчета рассеивания 2017 г. (МРР-17) [3], в данной программе для расчета как максимальных разовых, так и долгопериодных средних концентраций используются средние значения метеопараметров, которые устанавливаются по климатическим справочникам и из метеорологических наблюдений за последние несколько лет.

Такое усреднение метеоусловий не гарантирует получения хотя бы приближенного равенства концентраций, полученных из модели, измеренным концентрациям при мониторинге в одной и той же точке из-за различия метеопараметров, используемых при расчете, и реальных метеоусловий в момент измерения. Это становится все более очевидным в настоящее время из-за ощутимого изменения стабильности погодных условий в России. Отмеченное обстоятельство, на наш взгляд, является одной из основных причин отсутствия приемлемого совпадения результатов компьютерных расчетов и мониторинга для городов, участвующих в ФП «Чистый воздух».

Другими причинами отсутствия приемлемого совпадения могли быть следующие обстоятельства:

- при расчетах не было учтено влияние многоэтажной застройки городов. Указанная возможность реализована в УПРЗА «Эколог», но необходимые исходные данные не были подготовлены, и расчеты проводились без учета застройки. Можно предположить, что это, вероятно, произошло ввиду большой трудоемкости подготовки нужных исходных данных;
- расчеты проводились по данным из томов ПДВ, содержащих предельные максимальные выбросы, которые часто отличаются от реальных выбросов, объемы которых можно получить из документа «2ТП-воздух».

В серии программ «Эколог» не реализован расчет концентраций химических веществ 1-часового осреднения, что не позволяет оценивать риски кратковременного воздействия (острые риски), как это требуется при оценке риска в рамках ФП «Чистый воздух».

Общеизвестно, что продолжительность непрерывных экспозиций, которые используются для оценки острого риска, варьируется от нескольких минут до 24 ч в зависимости от области исследования и изучаемой ответной реакции организма.

Как отмечается в исследовании [2], среди различных временных интервалов, используемых для оценки острого ингаляционного воздействия, наиболее приемлемы одночасовые или 4-часовые экспозиции. Для указанных временных интервалов экспозиции имеется наибольшее число веществ, для которых известны критерии риска острого ингаляционного воздействия. При оценке риска здоровью населения от кратковременного ингаляционного воздействия химических веществ, содержащихся в атмосферном воздухе, применяется, как правило, количественная оценка острого риска на основе рассчитанных одночасовых концентраций. Их возможно получить при компьютерном моделировании рассеивания выбросов, например, с помощью программ AERMOD [11], разработанных в США под контролем Агентства по охране

окружающей среды. К сожалению, эти программы не сертифицированы в Российской Федерации, поэтому их применение в настоящее время невозможно.

Использование максимальных разовых концентраций, которые представляют собой максимальные величины 20–30-минутных осреднений [3], в качестве просто замены часовых концентраций неправомерно. Это было бы неправильным, так как многие химические вещества при воздействии длительностью 20–30 мин оказывают только рефлекторное воздействие. Отождествлять это с вредным воздействием на органы и системы организма веществ часового осреднения такой же концентрации было бы большой ошибкой.

Нами предложен метод приближенного решения задачи получения одночасовых концентраций без каких-либо доработок методов расчета рассеивания [3] и кода УПРЗА «Эколог». Идея метода состоит в вычислении часовых концентраций из максимальных разовых концентраций, получаемых при расчетах с применением УПРЗА «Эколог».

В литературе, освещающей вопросы установления острых референтных уровней воздействия по результатам опытов на животных, описывается распространенный метод прогнозирования внутренней дозы химического вещества в ткани-мишени [5, 8]. Он основывается на законе немецкого ученого Хабера, который в 1924 г. установил, что произведение концентрации (C) на продолжительность воздействия (T) является неизменной величиной. Позднее для более точного приведения концентрации к нужной продолжительности было предложено использовать модификацию закона Хабера [10]. Она выглядит как:

$$C^n \cdot T = k, \tag{1}$$

где n получается эмпирически; k – постоянная величина.

Модификация закона Хабера в формуле (1) – введение степенного показателя n – объясняется тем, что доза в ткани-мишени может зависеть не только от количества депонированного или поглощенного вещества, но и от скорости выведения, скорости активации или инактивации или какого-либо другого зависящего от времени процесса, связанного со способом воздействия.

Ранее, до появления модели фармакологически обоснованной фармакокинетической модели (PBPK), тяжесть реакции организма часто определялась величиной произведения концентрации на продолжительность воздействия или время [8], то есть есть законом Хабера или его модификацией.

Рассмотренный подход находит применение не только в токсикологических исследованиях, но и, например, при сравнении ольфактометрических измеренных концентраций запаха с полученными при моделировании рассеивания выбросов [7]. В этой работе формула модифицированного закона Хабера применялась при пересчете концентраций из часового осреднения, полученного при моделировании с помощью программы CAL-PUFF [9], в длительности нескольких минут.

Показатели степени n у концентрации C в модели определены для ряда химических веществ в диапазоне от 0,8 до 3,5. Их значения для различных газов и паров приведены, например, в исследовании [6]. При преобразовании длительности воздействующих веществ, для которых отсутствует параметр n, рекомендуются значения «по умолчанию» для экстраполяции на одночасовые концентрации: $n = 1$ для перехода от длительностей менее часа и $n = 2$ для перехода от длительностей более часа [5, 8].

Получение приемлемых для расчета острых рисков одночасовых концентраций из максимальных разовых концентраций, рассчитанных по УПРЗА «Эколог», возможно, на наш взгляд, при преобразовании их с применением формулы (1) и использованием следующего правила. Расчет одночасовых концентраций проводится с применением собственного *n* для каждого химического вещества и применения *n* по умолчанию ($n = 1$) в случае его отсутствия. Отметим, что в этом случае преобразование осуществляется по исходной формуле закона Фабера. При использовании показателя *n* из таблицы [6] или из других подобных документов для пересчета концентрации какого-либо вещества необходимо обращать внимание на эффект воздействия, при котором оно было получено. Эффект должен соответствовать применению данного вещества в оценке риска. Отметим, что для подавляющего числа веществ показатель *n* в работе [6] получен для летального исхода при экспериментах на животных, что существенно не изменяет, как правило, угол наклона зависимости «концентрация – эффект» в пределах зоны острого действия вещества.

В завершении рассмотрения задачи получения одночасовых концентраций рассмотрим проблему коррекции одночасовых концентраций для обеспечения их соответствия требованиям, предъявляемым к часовым концентрациям.

Обычно при расчете часовых концентраций с применением программ, рассчитывающих одночасовые концентрации, в качестве результата выдается набор одночасовых концентраций по каждому веществу в каждой расчетной точке за каждый час указанного интервала времени (месяц, квартал, год, требуемое число лет), за который необходимо оценить острые риски. После этапа расчета концентраций необходимо выполнить усечение временного ряда для каждого приоритетного химического вещества по каждой точке воздействия на уровне 95–98-го перцентиля с целью удаления самых высоких значений, имеющих малую вероятность реализации (менее 5 %) [1].

Это кардинально отличается от ситуации с данными из УПРЗА «Эколог», которые представляют собой «максимальные разовые концентрации ЗВ, соответствующие сочетанию неблагоприятных метеорологических условий, при которых достигаются максимальные значения максимальных приземных концентраций» [3]. Для каждого рассчитываемого вещества в каждой расчетной точке мы имеем только одно значение – максимальную концентрацию, по которой невозможно рассчитать какие-либо перцентили. При пересчете концентраций мы также получим максимальные величины одночасовых концентраций. Это обстоятельство диктует необходимость в предлагаемом нами методе обеспечить условия для снижения получаемых максимальных концентраций.

Существует большая неопределенность, связанная с длительностью максимальных разовых концентраций. В методах МРР-2017 указано, что длительность максимальных разовых концентраций имеет осреднение 20–30 мин. Относительная разница между граничными значениями длительности концентраций составляет, таким образом, 33–50 %, которая приведет к заметному снижению пересчитанных концентраций при осреднении 20 мин относительно осреднения 30 мин.

Таким образом, для снижения величин получаемой одночасовой концентрации от максимального значения и приближения их к 95–98-му перцентилям можно рекомендовать принять исходную длительность максимальных разовых концентраций равной 20 мин.

Проведенное исследование указывает пути снижения неопределенности при оценке экспозиции и позволяет оценивать острые риски при реализации ФП «Чистый воздух».

Список литературы

1. Кислицин В.А., Шашина Т.А., Додина Н.С. Методические особенности оценки риска здоровью населения при острых ингаляционных воздействиях // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 1. – С. 87–89. DOI: 10.47470/0016-9900-2019-98-1-87-89

2. Новиков С.М., Шашина Т.А. Прогнозирование острых ингаляционных эффектов при оценке риска здоровью населения // Гигиена и санитария. – 2008. – № 6. – С. 77–81.

3. Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе: Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 06.06.2017 № 273 (зарегистрирован 10.08.2017 № 47734) [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201708110012? index=1&rangeSize=1 (дата обращения: 27.04.2021).

4. Программный комплекс «Эколог-Город», версия 4.60: руководство пользователя. – СПб.: Фирма «Интеграл», 2020.

5. Air toxics hot spots program risk assessment guidelines. Part I. Determination of acute reference exposure levels for airborne toxicants [Электронный ресурс] // California Environmental Protection Agency. – March 1999. – URL: https://oehha.ca.gov/media/downloads/crnr/acuterel.pdf. (дата обращения: 06.05.2021).

6. Air toxics hot spots program technical support document for the derivation of noncancer reference exposure levels. Appendix G. Value of the Haber's Law Exponent (n) for various gases and vapors for acute RELs developed using OEHHA (1999) procedures. – Oakland, CA: California Environmental Protection Agency, 2008. – 6 p.

7. Elbir T., Dincer F., Muezzinoglu A. Evaluation of measured and predicted odor concentrations around a meat packaging and rendering plant // Environmental Engineering Science. – 2007. – Vol. 24, № 3. – P. 313–320. DOI: 10.1089/ees.2005.0105

8. Guidance Document for the Derivation of an Acute Reference Concentration (ARFC). Series on Testing and Assessment No. 153 [Электронный ресурс] // OECD. – 2011. – URL: https://www.oecd.org/env/ehs/testing/48542016.pdf (дата обращения: 06.05.2021).

9. Scire J.S., Strimaitis D.G., Yamartino R.J. A user's guide for the CALPUFF dispersion model (version 5) [Электронный ресурс]. – Concord, MA: Earth Tech, Inc., 2000. – URL: https://www.eoas.ubc.ca/courses/atsc507/ADM/calpuff/CALPUFF_UsersGuide-v5-excellent.pdf (дата обращения: 13.04.2022).

10. Ten Berge W.F., Zwart A., Appleman L.M. Concentration – time mortality response relationship of irritant and systemically acting vapours and gases // J. Hazardous Materials. – 1986. – Vol. 13, № 3. – P. 301–309. DOI: 10.1016/0304-3894(86)85003-8

11. User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model (AERMOD) (EPA-454/B-19-027) [Электронный ресурс] // EPA. – 2019. – URL: https://gaftp.epa.gov/Air/aqmg/SCRAM/models/preferred/aermod/aermod_userguide.pdf (дата обращения: 05.04.2022).

Установление биомаркеров негативных эффектов сердечно-сосудистой системы у детей с повышенным содержанием алюминия и фторид-иона в моче

Ю.В. Кольдибекова[1], М.А. Землянова[1,2], Н.И. Булатова[1], О.В. Пустовалова[1]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Пермь, Россия

В настоящее время поиск молекулярных индикаторных показателей негативных эффектов, измененный уровень экспрессии которых позволяет определить особенности молекулярно-клеточных механизмов патогенеза ряда неинфекционных заболеваний, в том числе сердечно-сосудистых, при одновременном воздействии химических веществ, приобретает особую значимость. С целью установления биомаркеров негативных эффектов сердечно-сосудистой системы у детей с повышенным содержанием алюминия и фторид-иона в моче выполнено биохимическое исследование показателей, отражающих состояние сердечно-сосудистой системы. Проведено протеомное исследование плазмы крови у детей, моделирование причинно-следственных связей. Длительная аэрогенная комбинированная экспозиция одновременно соединений алюминия и фтора на уровне низких средних суточных доз (0,0005 мг/(кг·день) и 0,002 мг/(кг·день)) обусловливает в моче экспонированных детей повышенные (относительно неэкспонированных детей) концентрации алюминия (в 2,8 раза) и фторид-иона (в 1,2 раза). У детей с повышенным содержанием в моче изучаемых химических веществ выявлены достоверные изменения биохимических (снижение аполипопротеина А1 и холестерина ЛПВП, повышение триглицеридов в сыворотке крови) и протеомных белковых маркеров (увеличение Кельч-подобного белка 4, аполипопротеина СII, сывороточного амилоидного белка А1, снижение аполипопротеина А1), характеризующие развитие негативных эффектов со стороны сердечно-сосудистой системы. Доказана причинно-следственная связь между повышенным уровнем Кельч-подобного белка 4, снижением холестерина ЛПВП, аполипопротеина А1 и концентрацией алюминия и фторид-иона в моче при одновременном воздействии веществ. Изменения относительного объема белковых пятен, включающих Кельч-подобный белок 4 и аполипопротеин А-1, являются прогностически значимыми для развития клеточно-молекулярных механизмов вовлечения трансформированного протеомного профиля в развитие негативных эффектов, характеризующиеся: при экспрессии Кельч-подобного белка 4 – последовательным закрытием калий- и кальцийзависимых ионных каналов эндотелиоцитов, нарушением транспорта электролитов, уменьшением просвета и увеличением сопротивления сосудов; при снижении продукции аполипопротеина А1 – нарушением обратного транспорта холестерина из клеток.

Ключевые слова: алюминий и фторид-ион в моче, протеомный профиль плазмы крови, сердечно-сосудистая система, Кельч-подобный белок 4, аполипопротеин А-1.

В настоящее время значимым направлением в области обеспечения химической безопасности Российской Федерации в частности и в мире в целом является оценка неблагоприятных эффектов со стороны здоровья населения, возникающих при совместном воздействии загрязняющих веществ, даже в случаях, когда каждый компонент при изолированном поступлении малотоксичен. Данный аспект обозначен в руководящих документах Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и Международной программы химической безопасности [5, 6].

В современных условиях население подвергается одновременному воздействию широкого спектра химических веществ, присутствующих во всех средах, включая атмосферный воздух [7]. По данным ВОЗ, загрязнение атмосферного воздуха является основным фактором риска для развития ряда неинфекционных заболеваний, в том числе сердечно-сосудистой системы [11]. Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносит промышленное производство, особенно в местах его концентрации.

В ряде регионов с размещением крупных субъектов хозяйственной деятельности металлургической отрасли промышленности, в первую очередь связанной с производством алюминия, основное загрязнение воздушной среды формируется за счет поступления в атмосферный воздух специфических для данного вида производства соединений алюминия и фтора, преимущественно в составе газопылевых выбросов. Перечисленные вещества при длительном внешнесредовом аэрогенном поступлении в организм способны повреждать клеточные мембраны, повышая их проницаемость, связываться с белками крови, ингибировать многие ферментные системы, что в итоге может привести к различным патологическим изменениям механизмов, обеспечивающих гомеостаз [1].

Современные протеомные технологии позволяют идентифицировать молекулярно-клеточные механизмы изменения сосудистого гомеостаза, дающие возможность выявить прогностические биомаркеры развития и прогрессирования дисфункции эндотелия, что может быть использовано в разработке принципиально новых методов профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.

Цель исследования – установление биомаркеров негативных эффектов сердечно-сосудистой системы у детей с повышенным содержанием алюминия и фторид-иона в моче.

Материалы и методы. Углубленным обследованием охвачено 35 детей в возрасте 4–7 лет, подвергающихся длительной аэрогенной комбинированной экспозиции соединениями алюминия (на уровне 0,0005 мг/(кг·день)) и фтора (0,002 мг/(кг·день)) – группа наблюдения (25 человек) и не подвергающихся воздействию изучаемых химических веществ – группа сравнения (10 человек). Критерием формирования выборок детей группы наблюдения является повышенное содержание алюминия и фторид-иона в моче, детей группы сравнения – содержание изучаемых химических веществ, соответствующих минимальным или референтным значениям [3].

Обследование детей выполнено с соблюдением этических принципов Хельсинкской декларации (WMA Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013) и одобрено комитетом по биомедицинской этике ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» с обязательным получением информированного добровольного согласия законного представителя.

Анализ мочи на содержание алюминия и фторид-иона проведен согласно методическим указаниям[1] с использованием ионселективного электрода на лабораторном иономере И-160М (ООО «Антех», Беларусь) и масс-спектрометре Agilent 7500cx (Agilent Technologies Inc., США) (зав. отделом химико-аналитических методов исследования, д-р биол. наук Т.С. Уланова).

Состояние сердечно-сосудистой системы оценивали по содержанию триглицеридов, общего холестерина, липидов высокой и низкой плотности, аполипопротеина А1 и В100 в сыворотке крови. Использованы автоматические и полуавтоматические биохимические анализаторы Keylab (BPC+Biosed, Италия) и Humalyzer 2000 (Human GmbH, ФРГ).

Алгоритм исследования протеомного профиля плазмы крови у детей включал отбор образцов, двумерный электрофорез в полиакриламидном геле[2], анализ двумерной электрофореграммы, выделение значимых белковых пятен по их интенсивности. Последующий масс-спектрометрический анализ на хроматографе UltiMate 3000 (Германия) и тандемном масс-спектрометре ABSciex 4000 QTRAP с источником ионизации Nanospray 3 (Канада) включал определение аминокислотных последовательностей фрагментов индивидуальных белков, идентификацию белка, анализ базы данных UniProt с выборкой по таксону Homo Sapience. Определение гена, которому соответствует идентифицированный белок, выполнено с помощью базы данных HGNC database of human gene name[3].

Оценку полученных значений показателей у экспонированных детей выполняли относительно неэкспонированных. Результаты проведенных исследований представлены в виде среднего значения и ошибки среднего. Статистическую значимость различий переменных между группами определяли по критерию Манна – Уитни ($U \leq U_{кр}$) при уровне значимости $p \leq 0{,}05$. Статистическую обработку данных осуществляли с помощью пакета программ Statistica 10.

Биомакеры негативных эффектов обосновывали на основании полученных достоверных причинно-следственных связей, описываемых многофакторными моделями зависимости «изменение биохимического показателя и / или уровня белкового пятна в протеомном профиле – концентрация алюминия и фтоид-иона в моче» с помощью линейной регрессии. Достоверность и адекватность полученных моделей оценивали на основе дисперсионного анализа с использованием F-критерия

[1] МУК 4.1.773-99. Количественное определение ионов фтора в моче с использованием ионселективного электрода / утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 06.07.1999. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000; МУК 4.1.3589-19. Измерение массовой концентрации алюминия в биологических средах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой / утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 08.11.2019. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020.

[2] PROTEAN i12 IEF System. Instruction Manual [Электронный ресурс]. – URL: https://www.bio-rad.com/webroot/web/pdf/lsr/literature/10022069A.pdf (дата обращения: 09.02.2022); PROTEAN II xi cell. PROTEAN II xi 2-D cell. Instruction Manual [Электронный ресурс]. – URL: https://www.bio-rad.com/webroot/web/pdf/lsr/literature/M1651801.pdf (дата обращения: 09.02.2022); ReadyPrep 2-D starter Kit. Instruction manual [Электронный ресурс]. – URL: https://www.bio-rad.com/webroot/web/pdf/lsr/literature/4110009A.pdf (дата обращения: 09.02.2022).

[3] The resource for approved human gene nomenclature: веб-сайт [Электронный ресурс] // HGNC: HUGO Gene Nomenclature Committee. – URL: https://www.genenames.org/ (дата обращения: 10.12.2021).

Фишера, коэффициента детерминации (R^2), *t*-критерию Стьюдента при статистической значимости $p \leq 0,05$.

Результаты. По результатам натурных исследований установлено, что у детей группы наблюдения, подвергающихся длительной аэрогенной экспозиции одновременно алюминия (0,0005 мг/(кг·день)) и фтора (0,002 мг/(кг·день)), в моче зарегистрирован повышенный в 2,8 раза уровень алюминия и в 1,2 раза – фторид-иона относительно группы сравнения ($p = 0,0001–0,045$) (таблица).

Содержание химических веществ в моче, уровень биохимических показателей, интенсивность и объем белковых пятен у детей обследуемых групп

Показатель	Среднее значение и ошибка исследуемого показателя ($M \pm m$)		Достоверность различий средних между группами ($p \leq 0,05$)
	Группа наблюдения	группа сравнения	
Содержание химических веществ в моче			
Фторид-ион, мг/дм^3	0,690 ± 0,14	0,560 ± 0,15	0,045
Алюминий, мг/дм^3	0,011 ± 0,001	0,004 ± 0,001	0,0001
Биохимические показатели в сыворотке крови			
АпоВ/АпоА1, г/дм^3	0,568 ± 0,045	0,516 ± 0,144	0,446
Аполипопротеин А1, г/дм^3	1,658 ± 0,029	1,749 ± 0,036	0,0001
Аполипопротеин В-100, г/дм^3	0,937 ± 0,064	0,899 ± 0,248	0,741
Холестерин ЛПВП, ммоль/дм^3	1,567 ± 0,116	1,791 ± 0,087	0,003
Холестерин ЛПНП, ммоль/дм^3	2,267 ± 0,182	2,369 ± 0,365	0,605
Холестерин общий, ммоль/дм^3	4,206 ± 0,224	4,444 ± 0,392	0,287
Триглицериды, ммоль/дм^3	0,784 ± 0,088	0,626 ± 0,070	0,007
Относительный объем и интенсивность белкового пятна плазмы крови			
Кельч-подобный белок 4, int	1806,6 ± 78,0	100,5 ± 76,9	0,0001
Аполипопротеин А-I, int	66,5 ± 12,5	2435,4 ± 148,4	0,0001
Аполипопротеин С-II, int	3802,7 ± 272,0	2326,7 ± 295,1	0,0001
Сывороточный амилоидный белок А-1, int	2326,3 ± 154,1	61,8 ± 5,9	0,0001

Результаты оценки биохимических показателей, отражающих состояние липидного спектра, показали достоверное снижение уровня аполипопротеина А1 и холестерина ЛПВП сыворотке крови детей группы наблюдения относительно показателей в группе сравнения ($p = 0,0001–0,003$). Среднее содержание трпиглицеридов достоверно повышено в 1,3 раза относительно аналогичного показателя в группе сравнения ($p = 0,007$). В результате построения многофакторных моделей установлена достоверная причинно-следственная связь между повышенным содержанием в моче алюминия, фторид-иона и пониженным уровнем аполипопротеина А1 ($R^2 = 0,45$; $b_0 = –2,104$; $b_1 = 0,621$; $b_2 = 0,545$; $p = 0,0001$) и холестерина ЛПВП ($R^2 = 0,51$; $b_0 = –3,99$; $b_1 = 1,330$; $b_2 = 1,166$; $p = 0,0001$).

В результате проведения двумерного электрофореза получены протеомные карты плазмы крови детей исследуемых выборок, которые позволили выявить наличие достоверных различий относительного объема порядка 25 белковых пятен у детей группы наблюдения относительно данных группы сравнения. Анализ биологической функции идентифицированных белков позволил установить четыре белка: Кельч-подобный белок 4 (ген KLHL4), аполипопротеин А1 (ген APOA1) и CII (ген APOC2), сывороточный амилоидный белок А1 (ген SAA1), изменение уровня кото-

рых позволяет прогнозировать развитие ряда негативных эффектов со стороны сердечно-сосудистой системы при комбинированном одновременном воздействии алюминия и фтора. У детей группы наблюдения относительно группы сравнения установлено увеличение уровня Кельч-подобного белка 4 в 17,9 раза ($p = 0,0001$), аполипопротеина CII в 1,6 раза ($p = 0,0001$), сывороточного амилоидного белка A1 в 37,5 раза ($p = 0,0001$); снижение аполипопротеина A1 в 36,3 раза ($p = 0,0001$). При построении многофакторных моделей установлена прямая причинно-следственная связь между повышенным содержанием в моче алюминия и фторид-иона и увеличением относительного объема и интенсивности Кельч-подобного белка 4 ($R^2 = 0,89$; $b_0 = –2169,58$; $b_1 = 26539,94$; $b_2 = 429,72$; $p = 0,004$). Кроме этого обращает на себя внимание снижение продукции аполипопротеина A1 при повышенном содержании в моче алюминия и фторид-иона ($R^2 = 0,35$; $b_0 = 1518,17$; $b_1 = –2700,61$; $b_2 = –130,59$; $p = 0,001$).

Анализ биологической функции идентифицируемых белков показал, что белки семейства Kelch играют решающую роль в различных клеточных процессах, включая организацию цитоскелета и стробирование ионных каналов. Данный процесс сопровождается переходом ионного канала из открытого в закрытое состояние [8, 9]. Ионные каналы (калий- и кальцийзависимые), обнаруженные в эндотелиоцитах, вовлечены в транспорт электролитов, нарушение которого может способствовать уменьшению просвета сосудов и увеличению периферического сосудистого сопротивления. В связи с этим можно предположить, что избыточная экспрессия гена, следовательно, и синтез кельч-подобного белка, запускает механизмы регуляции сосудистого тонуса [2]. Разнонаправленное изменение уровня стационарных и динамичных аполипопротеинов A-1 и CII соответственно свидетельствует о возможном нарушении звеньев метаболической системы выведения холестерина из тканей и, как следствие, в будущем предполагает повышение уровня ряда показателей липидограммы (общий холестерин, триглицериды) [10]. Высокий уровень амилоидного белка SAA поддерживается хроническим воспалительным процессом, что, вероятно, может привести к отложению в межклеточном пространстве разных тканях, в том числе сердца, нерастворимых фибрилл амилоида A [4], способствуя постепенной атрофии кардиомиоцитов.

Таким образом, установленные белковые маркеры (Кельч-подобный белок 4, аполипопротеин A1 и CII, сывороточный амилоидный белок A1) и гены, кодирующих их экспрессию (KLHL4, APOA1 и APOC2, SAA1), могут быть использованы для повышения эффективности прогнозирования развития негативных эффектов, связанных со становлением склеротических и воспалительных изменений сосудистой стенки с целью раннего выявления и профилактики негативных последствий со стороны здоровья у детей в условиях комбинированного поступления соединений алюминия и фтора.

Выводы:

1. Длительная аэрогенная комбинированная экспозиция одновременно соединений алюминия и фтора на уровне низких средних суточных доз (0,0005 мг/(кг·день) и 0,002 мг/(кг·день) соответственно) обусловливает в моче экспонированных детей повышенные (относительно неэкспонированных детей) концентрации алюминия (в 2,8 раза) и фторид-иона (в 1,2 раза)

2. У детей с повышенным содержанием в моче фторид-иона и алюминия выявлены достоверные изменения биохимических (снижение аполипопротеина A1 и

холестерина ЛПВП, повышение триглицеридов в сыворотке крови) и протеомных белковых маркеров (увеличение Кельч-подобного белка 4, аполипопротеина CII, сывороточного амилоидного белка A1, снижение аполипопротеина A1), характеризующие развитие негативных эффектов со стороны сердечно-сосудистой системы.

3. Доказана причинно-следственная связь между повышенным уровнем Кельч-подобного белка 4, снижением холестерина ЛПВП, аполипопротеина A1 и концентрацией алюминия и фторид-иона в моче при одновременном воздействии веществ (R^2 = 0,35–0,89; p = 0,0001–0,004).

4. Изменения относительного объема белковых пятен, включающих Кельч-подобный белок 4 и аполипопротеин A-1, являются прогностически значимыми для развития клеточно-молекулярных механизмов вовлечения трансформированного протеомного профиля в развитие негативных эффектов, характеризующиеся: при экспрессии Кельч-подобного белка 4 – последовательным закрытием калий- и кальцийзависимых ионных каналов эндотелиоцитов, нарушением транспорта электролитов, уменьшением просвета и увеличением сопротивления сосудов; при снижении продукции аполипопротеина A1 – нарушением обратного транспорта холестерина из клеток.

Список литературы

1. Минтель М.В., Землянова М.А., Жданова-Заплесвичко И.Г. Некоторые аспекты совместного действия алюминия и фтора на организм человека (обзор литературы) // Экология человека. – 2018. – № 9. – С. 12–18. DOI: 10.33396/1728-0869-2018-9-12-17

2. Солодков, А.П., Беляева Л.Е., Лазуко С.С. Стресс и артериальная гипертензия // Практикуючий лікар. – 2013. – № 3. – С. 78–80.

3. Тиц Н.У. Клиническое руководство по лабораторным тестам. – М.: ЮНИМЕД–пресс, 2003. – 960 с.

4. Amyloid fibril proteins and amyloidosis: chemical identification and clinical classification / J.D. Sipe, M.D. Benson, J.N. Buxbaum, Sh.-Ic Ikeda, G. Merlini, M.J.M. Saraiva, P. Westermark // International Society of Amyloidosis. – 2016. – P. 1–5. DOI: 10.1080/13506129.2016.1257986

5. Assessment of combined exposures to multiple chemicals: report of a WHO/IPCS international workshop on aggregate/cumulative risk assessment // World Health Organization. – 2009. – № 7. – 83 p.

6. Considerations for Assessing the Risks of Combined Exposure to Multiple Chemicals. Series on Testing and Assessment // OECD. – 2018. – № 296. – 119 p.

7. Hadley M.B., Baumgartner J., Vedanthan R. Developing a Clinical Approach to Mitigating Risks of Air Pollution and Protecting Cardiovascular Health // Circulation. – 2018. – Vol. 137, № 7. – P. 725–742. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.030377

8. Kelch-like proteins: Physiological functions and relationships with diseases / X. Shi, S. Xiang, J. Cao, H.Zhu, B. Yang, Q. He, M. Ying // Pharmacol. Res. – 2019. – № 148 (104404). – P. 1–66. DOI: 10.1016/j.phrs.2019.104404

9. KLHL4, a novel p53 target gene, inhibits cell proliferation by activating p21WAF/CDKN1A / S.-H. Choi, S.-Y. Cho, J. Song, M.-W. Hur // Biochem. Biophys. Res. Commun. – 2020. – Vol. 530, № 3. – P. 588–596. DOI: 10.1016/j.bbrc.2020.07.100

10. Maranhão R.C., Freitas F.R. HDL Metabolism and Atheroprotection: Predictive Value of Lipid Transfers // Advances in Clinical Chemistry. – 2014. – Vol. 65. – P. 1–41. DOI: 10.1016/B978-0-12-800141-7.00001-2

11. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10) , ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide [Электронный ресурс] // World Health Organization. – 2021. – URL: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf? sequence=1&isAllowed=y (дата обращения: 12.03.2021).

Анализ вкусовых привычек школьников общеобразовательных организаций Амурской области, выполненный в рамках реализации национального проекта «Демография»

О.П. Курганова[1], М.С. Шептунов[1], Е.Н. Сергеева[1], О.М. Юргина[2], И.И. Новикова[3]

[1]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Амурской области,
[2]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Амурской области» Роспотребнадзора,
г. Благовещенск, Россия,
[3]ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Роспотребнадзора,
г. Новосибирск, Россия

В 2021 г. проведено исследование по оценке питания детей школьного возраста на территории Амурской области. Анкетированием охвачено три группы респондентов: руководители общеобразовательных организаций (n = 58), организаторы (операторы) питания (n = 9), обучающиеся общеобразовательных организаций и их родители (n = 864, в том числе обучающихся «1–4-х классов» – 331 человек, «5–9-х классов» – 296, «10–11-х классов» – 237). Исследования проведены в соответствии с методическими рекомендациями МР 2.3.0237-21. 2.3. «Гигиена питания. Подготовка и проведение мониторинга состояния питания обучающихся в общеобразовательных организациях.» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 12.03.2021). Установлено, что на региональном уровне необходимо разработать «дорожные карты» по улучшению организации питания детей, предусмотрев обязательность реализации принципов здорового питания в семье и школе, а также мероприятий, направленных на снижение рисков нарушений роста и развития детей, включая избыточную массу тела и ожирение, обусловленных пищевым фактором.

Ключевые слова: здоровье, питание, школьники, «Демография», Амурская область.

В соответствии с задачами федерального проекта «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек» (далее – федеральный проект «Укрепление общественного здо-

ровья» национального проекта «Демография»), направленными на изучение причин эпидемических масштабов распространения в Российской Федерации ожирения и избыточной массы тела, организовано и проведено в 4-й четверти 2020–2021 учебного года исследование по оценке питания детей школьного возраста [1].

Здоровое питание является важнейшим компонентом здорового образа жизни, играет ключевую роль в гармоничном росте и развитии детей, определяет их высокую работоспособность, формирует здоровые пищевые стереотипы поведения.

Из общего числа факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье детей, приоритетным является школьный фактор и нарушение правил питания; главным недостатком в питании детей школьного возраста является несбалансированный рацион питания и нерегулярный прием пищи [1].

В настоящей работе представлены результаты исследования по оценке питания детей школьного возраста в части вкусовых привычек школьников, обучающихся на территории Амурской области, проведенного Управлением Роспотребнадзора по Амурской области и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Амурской области» в 2021 г. при методической помощи ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора.

Проведен сравнительный анализ показателей по Амурской области в сравнении с показателями по Дальневосточному федеральному округу (далее – ДФО) и Российской Федерацией (далее по тексту – РФ).

Цель исследования – изучение причин избыточной массы тела и ожирения у детей как предиктора болезней эндокринной системы и системы кровообращения для разработки мер профилактики на региональном уровне.

Материалы и методы. Использованы гигиенические, антропометрические, анкетно-опросные, статистические методы исследования.

Исследования проведены в соответствии с методическими рекомендациями МР 2.3.0237-21. 2.3. «Гигиена питания. Подготовка и проведение мониторинга состояния питания обучающихся в общеобразовательных организациях» [2].

Анкетированием были охвачены три группы респондентов. Руководители общеобразовательных организаций (n = 58), организаторы (операторы) питания (n = 9), обучающиеся общеобразовательных организаций и их родители (n = 864, в том числе обучающихся «1–4-х классов» – 331 человек, «5–9-х классов» – 296, «10–11-х классов» – 237.

Результаты. В анкетах для школьников и их родителей был предусмотрен блок вопросов, касающихся структуры и режима питания, сложившихся пищевых привычек и вкусовых пристрастий, оценивались риски формирования у детей избыточной массы тела и ожирения.

Показатель охвата школьников горячим питанием, согласно проанализированным анкетам, в Амурской области составил 67,1 %, что ниже показателя по ДФО и по РФ (ДФО – 75,5 %, РФ – 81,0 %), в том числе по возрастной группе «5–9-е классы» – 41,6 % (ДФО – 61,0 %, РФ – 69,7 %), «10–11-е классы» – 43,7 % (ДФО – 56,6 %, РФ – 64,6 %).

Причина – низкие показатели охвата питанием обучающихся «5–9-х классов» и «10–11-х классов».

В Амурской области программа бесплатного школьного питания для учащихся 1–4-х классов работает с 2019 г. Результаты данной работы иллюстрируют показатели официальных статистических данных по заболеваемости школьников гастритами и дуоденитами, представленные на рисунке.

Рис. Заболеваемость гастритом и дуоденитом детей и подростков (на 1000 соответствующего населения)

Так, показатель заболеваемости детей до 14 лет гастритами и дуоденитами в 2019 г. составлял 3,8 на 1000 детей и подростков (2018 г. – 4,1). В 2020 г. отмечается снижение данного показателя до 0,2 на 1000 детей и подростков. Притом, что показатели заболеваемости гастритом и дуоденитом у подростков старше 14 лет значительно превышают соответствующие показатели у детей до 14 лет, а также превышают показатели по РФ (15,9 на 1000 населения) (см. рисунок). В 2019 г. данный показатель составлял 22,2 на 1000 населения (2018 г. – 18,7), в 2020 г. – 19,8, превышая показатель детей до 14 лет в 5,8 и в 99 раз соответственно.

Безусловно, требуется дальнейшее динамическое исследование данных показателей для определения наличия связи между введением бесплатного питания в школах и уровнем заболеваемости алиментарными болезнями учащихся.

Доля съедаемой пищи в школах Амурской области варьируется от 46,8 % среди учащихся «10–11-х классов», до 52,3 % среди учащихся «1–4-х классов».

Показатели, характеризующие приверженность семей респондентов принципам здорового питания, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели, характеризующие приверженность семей респондентов принципам здорового питания

Территория	Удельный вес семей, %				
	знакомых с принципами здорового питания	употребляющих ежедневно			
		в двух и более приемах пищи овощные блюда	хлеб с цельными злаками	мясо	молоко и молочные продукты
Амурская область	91,0	69,4	65,2	40,9	61,0
ДФО	89,7	69,3	62,2	49,8	50,8
РФ	93,6	74,6	69,9	54,3	53,9

Территория	Удельный вес семей, %					
	употребляющих ежедневно				не реже 2 раз в неделю	не реже одного раза в неделю
	каши	птицу	фрукты	овощи	творог	рыба
Амурская область	24,0	30,9	49,7	41,4	8,9	58,2
ДФО	24,4	24,4	52,8	37,6	10,3	58,7
РФ	28,8	24,3			13,3	58,9

Удельный вес семей, знакомых с принципами здорового питания, в целом по всем респондентам в Амурской области составил 91 %, при показателе по ДФО – 89,7 % и показателе по РФ – 93,6 %.

Употребляют ежедневно в качестве основных источников белка:

– мясо – 40,9 % амурских семей при показателе по ДФО в 49,8 %, по РФ в 54,3 %;

– птицу – 30,9 % амурских семей при показателе по ДФО в 24,4 %, по РФ в 24,3 %;

– рыбу – 58,2 % амурских семей при показателе по ДФО в 58,7 %, по РФ в 58,9 %;

В качестве основных источников белка и кальция ежедневно дети употребляют молоко и (или) молочные продукты в 61,0 % амурских семей, при показателе по ДФО в 50,8 %, по РФ в 53,9 %.

Зафиксирован крайне низкий удельный вес семей как по ДФО, так и по РФ, употребляющих не реже двух раз в неделю творог: по РФ – 13,3 % детей, по ДФО – 10,3 %, в Амурской области – 8,9 %.

В качестве источника витаминов группы В ежедневно употребляют хлеб из муки грубого помола, в том числе с цельными злаками, 65,2 % амурских семей при показателе по ДФО – 62,2 %, РФ – 69,9 %.

Ежедневное употребление овощных блюд (за исключением картофеля) в двух приемах пищи и более практически одинаково среди всех субъектов ДФО (69,3 %), данные по РФ – 74,6 %.

В качестве меры профилактики заболеваний желудочно-кишечного тракта ежедневно употребляют дома кашу в 24,0 % семей амурских респондентов, при показателе по ДФО – 24,4 %, по РФ – в 28,8 %.

Среди показателей, характеризующих нездоровые стереотипы пищевого поведения учащихся, преобладают следующие:

– перекусывание нездоровой пищей (42,4 % – Амурская область, 45,6 % – ДФО, 70,9 % – РФ),

– отсутствие приема пищи перед школой (42,4 % – Амурская область, 45,6 % – ДФО, 41,4 % – РФ),

– добавляют в чай 3 ложки сахара и более (26,4 % – Амурская область, 24,6 % – ДФО, 22,0 % – РФ),

– имеют привычку досаливать пищу (8,9 % – Амурская область, 11,7 % – ДФО, 13,4 % – РФ).

Большое значение в профилактике нарушений здоровья школьников, связанных с дефицитом витаминов и минеральных веществ, включая избыточную массу тела, является культура потребления БАДов в качестве дополнительного источника биологически активных соединений.

На территории Амурской области потребляют БАДы 31,3 % респондентов, при этом на постоянной основе – 15 % из числа потребляющих БАДы, 2–3 раза в полгода курсами – 29 % из числа потребляющих БАДы, 1–2 раза в год курсами – 48,9 %.

Согласно данным отчета по анализу результатов статистических наблюдений и результатов специальных организованных исследований по оценке питания обучающихся общеобразовательных организаций, выполненных в рамках реализации

национального проекта «Демография»[1], установлены следующие статистически подтвержденные закономерности:

– ежедневное употребление колбасных изделий, сдобной выпечки и конфет наряду с еженедельным употреблением фастфуда, пирожных (или тортов) формируют предпосылки к избыточной массе тела у детей ($r = 0,87$; $p < 0,05$);

– снижение удельного веса детей, употребляющих ежедневно колбасные изделия, сдобную выпечку и конфеты, фастфуд, не реже одного раза в неделю, на 1 % приведет к снижению прогнозных показателей распространенности ожирения и избыточной массы тела у школьников на 0,339 %;

– установлена взаимосвязь между нездоровым пищевым поведением (привычка добавления в чай три ложки сахара и более, досаливание пищи, использование для перекуса нездоровой пищи, в том числе конфет, кондитерских и выпечных изделий) и ожирением ($r = 0,79$; $p < 0,05$);

– снижение удельного веса детей с нездоровым пищевым поведением на 1 % приведет к снижению прогнозных показателей распространенности избыточной массы тела на 0,873 %.

– установлена связь между распространенностью заболеваний органов пищеварения у детей с избыточной массой тела и употреблением чипсов, кетчупа и майонеза с частотой не реже одного раза в неделю ($r = 0,91$; $p < 0,05$),

– снижение удельного веса детей с частотой употребления данной пищевой продукции на 1 % приведет к снижению прогнозных показателей распространенности у школьников с избыточной массой болезней органов пищеварения на 0,562 %.

Удельный вес детей с избыточной массой тела и ожирением из числа школьников Амурской области, принявших участие в анкетировании, составил 36,8 %, при показателе по ДФО в 34,1 %, по РФ в 33,2 %, сведения представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели, характеризующие физическое развитие детей и распространенность избыточной массы тела у родителей школьников, – по результатам внесенной информации о массе тела и длине тела, %

Территория	Удельный вес детей (все дети)			Удельный вес детей (1–4-е классы)		
	нормальная масса тела	дефицит массы тела	избыток массы тела	нормальная масса тела	дефицит массы тела	избыток массы тела
Амурская область	55,4	7,8	36,8	45,0	11,2	43,8
ДФО	59,5	6,4	34,1	52,5	8,3	39,2
РФ	61,1	5,7	33,2	53,7	7,6	38,7

Территория	Удельный вес детей (5–9-е классы)			Удельный вес детей (10–11-е классы)		
	нормальная масса тела	дефицит массы тела	избыток массы тела	нормальная масса тела	дефицит массы тела	избыток массы тела
Амурская область	51,4	6,4	42,2	75,1	4,6	20,3
ДФО	56,5	5,3	38,1	75,7	4,5	19,8
РФ	60,0	5,0	35,0	74,8	3,9	20,3

[1] Отчет по анализу результатов статистических наблюдений и результатов специальных организованных исследований по оценке питания обучающихся общеобразовательных организаций, выполненных в рамках реализации национального проекта «Демография» / А.Ю. Попова, И.В. Брагина, И.Г. Шевкун, Г.В. Яновская. – М., 2021.

Установлено выраженное снижение удельного веса учащихся Амурской области с избыточной массой тела в зависимости от возраста респондентов: так, максимальные показатели характерны для группы «1–4-е классы» и минимальные – для группы «10–11-й классы» – 43,8 и 20,3 % соответственно.

Удельный вес респондентов (из числа родителей и учащихся), оценивших питание в школе на «хорошо» и «отлично», по Амурской области составил 61,5 %, (РФ – 66,1 %), в том числе по возрастной группе «1–4-й классы» – 73,9 % (РФ – 72,9 %), «5–9-й классы» – 52,4 % (РФ – 64,2 %), «10–11-й классы» – 50,3 % (РФ – 56,6 %).

На «удовлетворительно» оценили школьное питание 36,7 % амурских школьников (РФ – 30,3 %), «неудовлетворительно» – 3,4 % (РФ – 3,7 %).

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о необходимости разработки на региональном уровне «дорожной карты» по улучшению организации питания детей, предусмотрев обязательность реализации принципов здорового питания в семье и школе, мероприятий, направленных на снижение рисков нарушений роста и развития детей, включая избыточную массу тела и ожирение, обусловленных пищевым фактором, включающих следующие положения:

1. Работу с родительским сообществом и детьми:

– по профилактике гиподинамии у детей;

– по обеспечению физиологической полноценности питания в домашних условиях;

– по формированию навыков и потребности в здоровом питании, обеспечения преемственности школьного питания питанию домашнему, сокращение потребления колбасных изделий, шоколада и конфет, сладких выпечных и кондитерских изделий, количества потребляемой соли и сахара, потребления фастфуда;

– по выработке рационального режима питания детей как в учебные, так и выходные дни, обеспечив 4–5-разовое питание;

– по вопросам значимости потребления БАДов в профилактике гиповитаминозов и микроэлементозов, обеспечении условий гармоничного роста и развития.

2. Работу с общеобразовательными организациями:

– по повышению охвата организованным горячим питанием в общеобразовательных организациях детей «5–11-х классов»;

– по увеличению продолжительности перемен для приема пищи;

– на системном уровне проводить работу с детьми и родителями по популяризации здорового образа жизни и здорового питания, доведения информации до родителей о фактическом меню и планируемом питании.

Список литературы

1. Кудреватых М.А., Шатханова Н.А. Оценка питания школьников и его влияние на физическое развитие и заболеваемость // Acta biomedica scientifica (Иркутск). – 2020. – Т. 5, № 5. – С. 81–84.

2. МР 2.3.0237-21. Подготовка и проведение мониторинга состояния питания обучающихся в общеобразовательных организациях: методические рекомендации [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_383338/ (дата обращения: 18.03.2022).

Оценка воздействия полимера компаунд ЕРО-ТЕК 330 на состояние здоровья работников оптико-волоконного производства

И.В. Лешкова, О.Ю. Горбушина, А.А. Воробьева, Е.М. Власова

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

Технологический процесс производства современных полимерных композитов способен оказывать политропное влияние на организм работника. Одним из ведущих факторов негативного воздействия является уникальный композиционный материал, созданный на основе низкомолекулярных кремнийорганических олигомеров – компаунд ЕРО-ТЕК 330. Действие его на организм остается малоизученным.

Представлена оценка воздействия составляющих полимера компаунд ЕРО-ТЕК 330 на состояние здоровья работников оптико-волоконного производства. Обследовано 83 работника оптико-волоконного производства. Группа наблюдения – 47 человек с профессиональной экспозицией изучаемого химического фактора. Средний стаж 4,1 ± 2,8 г., средний возраст 29,3 ± 3,4 г. Группа сравнения – 35 человек тех же профессий, но с отсутствием профессиональной экспозиции изучаемого химического фактора, средний стаж 4,7 ± 2,4 г., средний возраст 31,2 ± 4,1 г. Группы сопоставимы по полу, возрасту, стажу, социальному статусу. Обследование: анкетирование, анализ медицинской документации; химико-аналитические методы исследования (масс-спектрометрия крови и мочи, хромато-масс-спектрометрия образца полимера компаунд ЕРО-ТЕК 330 и воздуха рабочей зоны); лабораторные исследования (гематологическое, биохимическое, иммуноферментное); генетический анализ; клинико-функциональное обследование; статистический анализ полученных результатов.

Структура патологии в группе наблюдения представлена болезнями органов дыхания (33,33 %), наличием профессиональных стигм. Лабораторные показатели: повышение активности метаболических маркеров, атопический характер иммунного ответа, повышение уровня специфических иммуноглобулинов IgG к компаунду ЕРО-ТЕК 330 (0,86 U/ml). Генетический анализ: 14,8 % случаев (мутантный аллель) – вероятность развития нарушений иммунитета, 11 % случаев – предрасположенность к нарушениям процессов детоксикации 1-й фазы.

Отклонения лабораторных показателей в сочетании с кожными стигмами на фоне генетически нарушенного механизма детоксикации рассматриваются как ранние критерии диагностики заболеваний органов дыхания и кожи у работающих в условиях профессиональной экспозиции полимеров.

Ключевые слова: полимерный композит, болезни органов дыхания и кожи, оценка риска, нарушение здоровья.

Одним из основных инновационных и приоритетных направлений современной химической промышленности является создание материалов нового поколения, отвечающих требованиям и запросам высокотехнологичных отраслей промышленности. Таким перспективным материалом являются полимерные композиты (ПК).

Полимерный композит – многокомпонентный материал, в состав которого входят термоактивная, термопластическая основа и различные наполнители, при-

дающие материалу необходимые эксплуатационные и технологические свойства. По данным литературных источников, внедрение в производство сложных многокомпонентных ПК, действие которых на организм работников недостаточно изучено, привело к росту заболеваемости органов дыхания и кожи у работников [6, 7].

По данным Росстата, в 2019 г. заболевания органов дыхания диагностировались у 35 % населения России, кожными заболеваниями страдали около 4 % жителей нашей страны [9, 11]. Российская ассоциация аллергологов и клинических иммунологов отмечает, что различными формами аллергических заболеваний в 2020 г. страдали от 10 до 24 % россиян. Чаще всего диагностировались аллергический ринит и бронхиальная астма, а также их сочетание (аллергический ринит часто ассоциирован с бронхиальной астмой (15 – 38 %), в то же время 55–85 % пациентов с бронхиальной астмой отмечают симптомы аллергического ринита) [3]. Доля аллергической патологии у работников химических предприятий составляла 1,47 %, а в структуре хронической профессиональной патологии в 2019 г. аллергические заболевания занимали 7-е место [5].

По данным Государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году» в структуре профессиональной патологии в зависимости от воздействия вредного производственного фактора 16,1 % занимают профессиональные заболевания от воздействия промышленных аэрозолей, а заболевания, вызванные химическими веществами, – 6,3 %. Структура основных нозологических форм профессиональной патологии вследствие воздействия промышленных аэрозолей представлена следующим образом: хронические пылевые бронхиты составляют 24,3 %, пневмокониоз (силикоз) вследствие воздействия пыли, содержащей кремний – 18,4 %, хронический обструктивный (астматический) бронхит –17,5 %. Структура основных нозологических форм профессиональной патологии вследствие воздействия химических веществ: флюороз – 27,2 %, хронический обструктивный (астматический) бронхит – 10,5 %, хронический токсико-пылевой бронхит – 7 % [5].

Немаловажную роль в распространении аллергических заболеваний (органов дыхания и кожи) на производстве играет внедрение в современные технологические процессы новых многокомпонентных полимерных материалов, обладающих аллергическим действием [8].

Одним из распространенных ПК промышленности является уникальный композиционный материал на основе низкомолекулярных кремнийорганических олигомеров с различными добавками – компаунд ЕРО-ТЕК 330, обладающий аллергическим, раздражающим и общетоксическим эффектом.

Наиболее ранней и частой хронической патологией от воздействия кремнийорганических соединений являются субатрофические и атрофические ринофарингиты [1]. При стаже работы более 10 лет у работников возможно развитие хронического бронхита, которому нередко предшествуют функциональные нарушения в системе внешнего дыхания в виде скрытого бронхоспазма. При рентгенографии легких у стажированных лиц выявляется уплотнение легочных корней, диффузный пневмосклероз [4]. Раздражающие и сенсибилизирующие свойства кремнийорганических соединений нередко являются причиной возникновения дерматитов. Описаны изменения нервной системы – астеновегетативный синдром, вегетативно-сосудистая дисфункция [2]. В ВРЗ на предприятиях содержатся химические вещества, как превышающие, так и не превышающие предельно допустимые концен-

трации (ПДК), негативно влияющие на здоровье работников. Вид и степень нарушений здоровья работников зависят от состава (формулы) химических соединений, концентрации, длительности и периодичности воздействия. В свою очередь защитная реактивность (адаптивность) организма определяется уровнем производственного фактора, индивидуальными особенностями, возрастом, полом, состоянием здоровья работника [2].

Цель исследования – оценить воздействие составляющих полимера компаунд EPO-TEK 330 на состояние здоровья работников оптико-волоконного производства.

Материалы и методы. Для реализации программы научного исследования на базе ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» проведен анализ медицинской документации (карты периодического медицинского осмотра за 2017–2019 гг. в количестве 1254 ед., медицинские карты амбулаторного больного в количестве 546 ед., медицинские карты стационарного больного в количестве 47 ед.), были сформированы группа наблюдения и группа сравнения. Группа наблюдения, составленная с учетом производственного фактора, включала 47 человек, работающих в качестве травильщика стекла плавиковой кислотой, намотчика катушек, монтажника, имеющих одинаковые производственные химические факторы. Группу сравнения составили 35 работников тех же профессий, но с отсутствием в анамнезе профессиональной экспозиции изучаемых химических факторов. Средний стаж в группе наблюдения 4,1 ± 2,8 г., в группе сравнения 4,7 ± 2,4 г.; средний возраст в группе наблюдения 29,3 ± 3,4 г., в группе сравнения 31,2 ± 4,1 г. Группы были сопоставимы по полу, возрасту, стажу, социальному статусу.

Для оценки состояния здоровья работников в условиях экспозиции компаунд EPO-TEK 330 была разработана программа исследований, включающая: раздаточное анкетирование; анализ результатов предварительных и периодических медицинских осмотров, результатов специальной оценки условий труда (СОУТ); химико-аналитические методы исследования: масс-спектрометрия (кровь, моча), хромато-масс-спектрометрия (образец полимера компаунд EPO-TEK 330), хромато-масс-спектрометрия (воздух рабочей зоны); общеклинические методы диагностики: общий анализ крови, биохимический анализ крови; иммунологические методы исследования: иммунограмма, IgE общий, IgG специфический к компаунду EPO-TEK 330; скрининг-тест к бытовым аллергенам; генетический анализ (полиморфизм генов ФНО и цитохрома-P450); функциональные методы: спирография, по показаниям осциллография.

Образцы полимера исследованы с использованием гибридного метода – газовой хроматографии и масс-спектрометрии (ГХ/МС) на газовом хроматографе Agilent 7890A (USA) с капиллярной колонкой HP-5MS (длиной 30 м и внутренним диаметром 0,25 мм), масс-селективным детектором 5975C и квадрупольным масс-анализатором. Режим ионизации электронным ударом при 70 эВ. Масс-спектрометрическое детектирование выполнялось в режиме полного сканирования (SCAN), при этом регистрировались масс-спектры, по которым проводилась идентификация компонентов полимера компаунд EPO-TEK 330 по совпадению библиотечного и полученного при анализе масс-спектра.

Лабораторная диагностика выполнялась с помощью автоматического гематологического AcT5diff AL (BECKMAN COULTER Inc., США) и биохимического Konelab 20 (Thermo Fisher Scientific Oy, Финляндия) анализаторов, фотометра лабораторного медицинского Stat Fax-2100 (Awareness Technology, Inc., США).

Функциональное исследование органов дыхания выполнено спирографическими тестами спирометром SCHILLER SPIROVIT SP-1 (SCHILLER AG, Швейцария).

Результаты СОУТ, профессионального анамнеза, анамнеза жизни и анамнеза болезни, результаты проведенных исследований были занесены в единую электронную базу данных и подвергнуты статистико-математическому анализу с использованием программного модуля, выполненного в виде макроса MS Excel. Различия считались статистически достоверными при $p < 0,05$.

Результаты. По результатам аттестации рабочих мест на предприятии оптико-волоконного производства класс условий труда установлен как «допустимый» (класс 2), в том числе и по производственным факторам химической природы.

Анализ анкетирования данной категории работников показал, что 15,38 % работников группы наблюдения и 7,69 % работников группы сравнения отмечали случаи ринита за последние 6 месяцев хотя бы один раз ($p < 0,05$). В группе наблюдения 7,69 % работников отмечали кашель за последние 6 месяцев. В группе сравнения отмечено отсутствие данного симптома. Изменения кожных покровов по типу сухости и шелушения отмечено у 53,84 % работников в группе наблюдения и у 15,38 % в группе сравнения ($p < 0,05$), описанные симптомы отмечены работниками при стаже более 5 лет.

При клиническом обследовании на первое место в структуре неинфекционной патологии вышли болезни органов дыхания (МКБ10 J30.0; J30.4 – 23 % работника группы наблюдения, при отсутствии данной патологии в группе сравнения, $p = 0,003$). Следует отметить, что в группе наблюдения на момент обследования у работников со стажем 5 лет и более болезни органов дыхания диагностировались 2,5 раза чаще, чем у малостажированных работников (34 и 14 % случаев соответственно). Клинически выраженных болезней кожи на момент проведения исследования у работников обеих групп выявлено не было, однако у работников группы наблюдения были отмечены изменения по типу профессиональных стигм (сухость и шелушение кожи ладонной поверхности дистальных фаланг пальцев кистей). Описанные симптомы наблюдались только у стажированных работников группы наблюдения.

В образце компонента PartA с вероятностью совпадения 80–97 % идентифицированы следующие масс-спектры: оксиран, 2,2'-[1,4-бутанедилбис(оксиметилен)] бис; ацетальдегид, пропилгидразон; тетра-гидро-2-фуран-метанол; бутил 2-метилпропиловый эфир 1,2-бензен-дикарбоксилициловой кислоты.

В образце компонента Part B с вероятностью совпадения 80–97 % идентифицированы следующие масс-спектры: 1H-имидазол; 4-метил, 1H-Имидазол; 2-этил-4-метил, 1H-Имидазол; 1-(2-цианоэтил)-2-этил-4-метилимидазол.

Проведена идентификация химического состава образцов воздуха рабочей зоны «Намотчик катушек».

Сканирование исследуемых образцов воздуха рабочей зоны по всему диапазону масс позволило идентифицировать 20 масс-спектров органических соединений: гексан; 2-метил гексан; 2,4-диметил пентан; 1-бром-4-метил пентан; 2-метил 1-пентен; 3,3-диметил пентан; 3-метил гексан; 2,3-диметил гексан; гептан; дибутил фталат; децил-изобутиловый эфир фталевой кислоты; бутил, 2-метилпропиловый эфир 1,2-бензол-дикарбоксилициловой кислоты; 5-метил-2-фенилиндолизин; 2,5-циклогексадин-1,4-дион, 2,5-дифенил; 1H-индол, 1-метил-2-фенил; о-ксилол; 1-гексен, 5-метил; диэтил, метиловый эфир борной кислоты; 3-метил-гексаналь; циклопентасилоксан, декаметил; толуол.

На основании проведенных хромато-масс-спектрометрических исследований воздуха рабочей зоны с помощью метода ГХ/МС, можно заключить, что сопоставление полученных методом ГХ/МС данных по стандартным веществам полимера компаунд с результатами исследований образцов разовых проб воздуха в воздухе рабочей зоны на рабочих местах «Намотчик катушек» показало отсутствие компонентов полимера компаунд ЕРО-ТЕК 330: Part A: бисфенол-А-эпихлоргидриновые смолы и 1,4-бис (2,3-эпоксипропокси) бутан; Part B: имидазол.

Результаты хромато-масс-спектрометрических исследований выявили наличие в образцах крови пропановой кислоты в группе наблюдения. Выявлена идентичность масс-спектра компонента пропановой кислоты образца крови и его библиотечного спектра. Вероятность совпадения высокая (80 %). По данным научной литературы пропановая кислота может являться одним из промежуточных метаболитов таких составляющих компонентов полимера компаунд, как 1Н-имидазол.

Результаты лабораторных показателей крови выявили направленностью к атопическому характеру иммунного ответа, что проявлялось эозинофилией и гиперпродукцией общего IgE (6 % и 186 МЕ/см^3).

Анализ специфической иммунодиагностики обследованных работников показал, что у 30 % обследованных работников группы послеживается тенденция к повышению уровня специфических иммуноглобулинов Ig G к компаунду ЕРО-ТЕК 330 (0,86 U/ml).

Генетический анализ предрасположенности к развитию иммунных (полиморфизм гена ФНО-альфа G308A, rs1800629) и детоксикационных (полиморфизм гена цитохрома P450 - CYP1A1 T6235C, rs1048943) нарушений позволил установить у работников группы наблюдения вероятность развития нарушений иммунитета в 14,8 % случаев, предрасположенность к нарушениям процессов детоксикации 1-й фазы в 11 % случаев по встречаемости гомозигот, несущих мутантную аллель.

Функциональное исследование органов дыхания не выявлено отклонений от физиологической нормы у работников обеих групп.

По данным научной литературы химические составляющие компаунда оказывают политропное влияние на организм работника. При попадании на открытые участки тела (пальцы кистей, запястья и предплечья, лицо) ПК оказывают местное раздражающее действие. Основными формами поражения кожных покровов являются дерматиты и экзема. Обладая сенсибилизирующими свойствами, химические составляющие ПК могут вызывать аллергические заболевания кожи [10]. По результатам проведенных исследований клинических симптомов болезней кожи на момент исследования в обеих группах выявлено не было, однако у работников группы наблюдения были отмечены изменения – профессиональные стигмы (сухость и шелушение кожи ладонной поверхности дистальных фаланг пальцев кистей). Анализ анкетирования показал, что изменения кожных покровов по типу сухости и шелушения отмечали 53,84 % работников группы наблюдения и только 15,38 % группы сравнения ($p < 0,05$), описанные симптомы отмечены только стажированными работниками.

Попадая на слизистые оболочки верхних дыхательных путей, компоненты ПК приводят к формированию гипертрофических, а затем субатрофических и атрофических ринитов и ринофарингитов. Изменения слизистой оболочки нижних дыхательных путей проявляются отечностью, что может приводить к формированию хронических бронхитов и бронхиальной астмы. Бронхиальная астма может

возникать у работающих и при малых сроках экспозиции, однако частота заболеваний верхних дыхательных путей нарастает с увеличением профессионального стажа [6]. На момент обследования у стажированных работников болезни органов дыхания выявлены в 34 % случаев, у вновь поступивших работников в 14 % случаев.

Известно, что аллергические реакции, обусловленные контактом с химическими составляющими компаунда, могут сопровождаться вовлечением в патологический процесс других органов и систем [4, 6]. Атопический характер иммунного ответа определялся эозинофилией и гиперпродукцией общего IgE и повышенным уровнем специфических иммуноглобулинов Ig G к компаунду EPO-TEK 330 у 30 % обследованных работников в группе наблюдения.

Выводы. Обобщение результатов углубленного исследования у работающих в условиях профессиональной экспозиции полимера EPO-TEK 330 показало отсутствие компонентов полимера компаунд EPO-TEK 330 в воздухе рабочей зоны. Однако допустимый класс условий труда, а также малая количественная характеристика вещества или продолжительность его воздействия не являются гарантом отсутствия развития заболеваний органов дыхания и кожи. Анализ общеклинических, биохимических и иммуноферментных показателей выявил комплекс отклонений лабораторных показателей, характеризующих развитие негативных эффектов: нарушение углеводного обмена, аллергический характер иммунного ответа. Эти маркеры в сочетании с кожными стигмами могут рассматриваться как ранние критерии диагностики заболеваний органов дыхания и кожи у работающих в условиях профессиональной экспозиции полимеров. Распространенность патологической аллели гена цитохрома P450 CYP1A1, отвечающего за 1-ю фазу детоксикации органических токсикантов, характеризует наличие риска развития патогенетических эффектов, связанных с нарушением механизма детоксикации у работников. Метаболические нарушения у работников, контактирующих с полимером компаунд EPO-TEK 330, формируются на генетической основе нарушенного полиморфизма генов. Закономерным исходом развившихся патологических состояний является развитие клинической картины аллергических заболеваний верхних и нижних дыхательных путей, кожи у работников в условиях производственного контакта с компаундом.

Список литературы

1. Заболевания верхних дыхательных путей, вызванные воздействием промышленных аэрозолей / В.Б. Панкова, И.Н. Федина, Я.А. Накатис, Г.В. Лавренова // Российская ринология. – 2016. – Т. 24 (4). – С. 30–36. DOI: 10.17116/rosrino201624430-36

2. Катола В.М., Комогорцева В.Е. Пыль: источники образования, ее общая характеристика, пылевые заболевания (краткий обзор) // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2018. – № 67. – С. 111–116.

3. Клинические рекомендации «Аллергический ринит» одобрены Научно-практическим советом МЗ РФ. Протокол № 38/2-3-4 от 16 октября 2020 года [Электронный ресурс]. – URL: https://legalacts.ru/doc/klinicheskie-rekomendatsii-allergicheskii-rinit-utv-minzdravom-rossii/ (дата обращения: 21.07.2021).

4. Научно обоснованные подходы к сохранению здоровья работников промышленных предприятий, подвергающихся воздействию кремнийсодержащих аэрозолей / Л.А. Коневских, В.Б. Гурвич, О.Г. Омельченко [и др.] // Профилактическая медицина. – 2019. – Т. 22 (4). – С. 5–11.

5. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. – 299 с.

6. Полимерные композиционные материалы для авиакосмической отрасли: материалы Всероссийской научно-технической конференции (г. Москва, 6 дек. 2019 г.). – М.: ВИАМ, 2019 – 208 с.

7. Разработки ФГУП «ВИАМ» в области расплавных связующих для полимерных композиционных материалов / Е.Н. Каблов, Л.В. Чурсова, А.Н. Бабин, Р.Р. Мухаметов, Н.Н. Панина // Полимерные материалы и технологии. – 2016. – № 2 (2). – С. 37–42.

8. Томас В. Влияние композиционных материалов, применяемых в аэрокосмической промышленности на организм человека // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2016. – № 1. – С. 941–943.

9. Тюкавкина С.Ю., Харсеева Г.Г. Реакции гиперчувствительности: механизмы развития, клинические проявления, принципы диагностики (лекция) // Клиническая лабораторная диагностика. – 2014. – № 5. – С. 27–36.

10. Царев С.В. Инфекция и аллергия: взаимосвязь и взаимовлияние // Русский медицинский журнал. – 2016. – № 12. – С. 800–803.

11. Швецова Е.С., Короткова Т.С. Распространенность аллергических заболеваний среди всех возрастных групп населения Липецкой области // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 4. – С. 92–94.

Об этапах внедрения методологии оценки риска для здоровья населения в Республике Бурятия

Е.В. Мадеева, С.С. Ханхареев, Е.Е. Багаева

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Бурятия, г. Улан-Удэ, Россия

Приведен исторический путь поэтапного внедрения методологии оценки риска здоровью населения от воздействия факторов среды обитания различной природы в деятельность Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Бурятия. Представлены результаты принятия мер по управлению риском.

Ключевые слова: риск здоровью, оценка риска, оценка ущерба здоровью.

Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека проведена многолетняя работа по внедрению в Российской Федерации методологии оценки риска здоровью населения от воздействия факторов

среды обитания. Методология оценки риска здоровью населения в деятельность Роспотребнадзора введена постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 10.11.1997 № 25 и Главного государственного инспектора Российской Федерации по охране природы от 10.11.97 № 03-19/24-3483 «Об использовании методологии оценки риска для управления качеством окружающей среды и здоровья населения в Российской Федерации».

Утверждению Руководства по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду, Р 2.1.10.1920-04 [7] предшествовала работа по сбору и анализу результатов социально-гигиенического мониторинга. В Республике Бурятия отдел социально-гигиенического мониторинга был создан в 1995 г. в Центре Госсанэпиднадзора по Республике Бурятия.

Впервые работа по оценке риска в Республике Бурятия была выполнена в 1999 г. в рамках Проекта по экологической политике и экономике природопользования при финансовой поддержке Гарвардского института международного развития рабочей группой специалистов Центров Госсанэпиднадзора в Республике Бурятия и г. Улан-Удэ, Госкомитета по экологии и природопользованию в Республике Бурятия, Бурятского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, отдела физических проблем Бурятского научного центра СО РАН, Республиканского онкологического диспансера. Указанная работа «Оценка риска для здоровья населения от стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха г. Улан-Удэ» позволила применить методическую схему процедуры оценки риска и обосновать выбор наиболее приоритетных и эффективных направлений деятельности по улучшению экологической обстановки и снижению риска для здоровья населения.

На основе отработанной методологии оценки риска в 2014 г. по результатам расчетов общегородского сводного тома «Охрана атмосферы и предельно допустимые выбросы (ПДВ) г. Улан-Удэ» проведена оценка риска для здоровья населения г. Улан-Удэ с оценкой экономического ущерба здоровью населения, вызванного дополнительной заболеваемостью и смертностью в результате высокого загрязнения атмосферного воздуха, в соответствии с МР 5.1.0029-11 «Методические рекомендации к экономической оценке рисков для здоровья населения при воздействии факторов среды обитания» [4].

В результате использования методологии оценки риска и ущерба для здоровья населения были подготовлены предложения, направленные на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия, экологической безопасности и охраны здоровья населения, включенные в федеральную целевую программу «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012–2020 годы». По инициативе и при непосредственном участии Управления Роспотребнадзора по Республике Бурятия приняты Закон Республики Бурятия от 5 мая 2011 г. № 1993-IV «Об охране атмосферного воздуха», постановление Правительства Республики Бурятия от 13.01.2014 г. № 5 «Об утверждении порядка предоставления данных о фоновой концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, по которым не осуществляются наблюдения федеральными органами исполнительной власти в области гидрометеорологии и смежных с ней областях».

В связи с ухудшением состояния загрязнения атмосферного воздуха в г. Улан-Удэ и увеличением риска для здоровья населения Управлением в адрес

Минприроды Республики Бурятия, Администрации МО «Город Улан-Удэ», Улан-Удэнского городского совета депутатов направлены предложения о рассмотрении вопроса о принятии нормативно-правовых актов Республики Бурятия, предписывающих запрещение строительства и размещения на территории г. Улан-Удэ объектов с автономными источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при наличии технической возможности подключения к централизованным сетям теплоснабжения, вопроса о введении контроля за оборотом угля на территории республики, а также внедрении экологического сбора для юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и граждан, использующих уголь в качестве твердого топлива в автономных источниках теплоснабжения.

В целях снижения загрязнения атмосферного воздуха выбросами от автономных источников теплоснабжения в 2020 г. принята законодательная инициатива Управления Роспотребнадзора по Республике Бурятия по ограничению использования твердого вида топлива (каменный, бурый уголь, дрова) в автономных источниках теплоснабжения при наличии технологического присоединения к системе теплоснабжения поселения или городского округа (введена Законом РБ от 04.12.2020 № 1250-VI, часть 4). Министерством природных ресурсов РФ подготовлен проект распоряжения правительства РФ по включению г. Улан-Удэ, г. Гусиноозерск и п. Селенгинск в перечень населенных пунктов, на которые распространится эксперимент по квотированию выбросов и федеральная программа «Чистый воздух» нацпроекта «Экология».

Методология по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду, применена также при проведении в 2015–2016 гг. научно-исследовательской работы «Выявление, количественная оценка риска для здоровья населения, проживающего в г. Закаменске (Республика Бурятия), связанного с воздействием отходов Джидинского вольфрамово-молибденового комбината». В рамках данной работы органами Роспотребнадзора Республики Бурятия совместно с ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора (г. Пермь) проведены углубленные медико-биологические исследования населения г. Закаменска и с. Михайловка, включающие социологические, эпидемиологические, клинические, функциональные, инструментальные, химико-аналитические методы [6].

Полученные результаты позволили сформировать ряд предложений в органы государственной власти Республики Бурятия и местного самоуправления по снижению негативного воздействия загрязненной среды обитания на здоровье населения г. Закаменска, включая рекомендации по ликвидации источника пыления лежалых песков, информирование населения о необходимости расширения ассортимента потребляемой пищевой продукции и риске постоянного употребления исключительно собственных выращиваемых овощей и прочих огородных растений, исключение использования колодцев для питьевого водоснабжения, необходимость строительства дополнительных водопроводных сетей централизованного водоснабжения, предотвращение загрязнения шахтными водами штольни «Западная» вод реки Модонкуль.

В 2013 г. осуществлено внедрение в практическое применение методики оценки риска возникновения бактериальных кишечных инфекций, передаваемых водным путем, в соответствии с МР 2.1.10.0031-11 «Комплексная оценка риска

возникновения бактериальных кишечных инфекций, передаваемых водным путем» [3]. Результаты оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ и факторов микробной природы в связи с потреблением воды централизованного водоснабжения применены в надзорной деятельности Управления. С 2013 г. в суды республики направлено 22 исковых заявления о понуждении 15 органов местного самоуправления к реализации мероприятий по приведению в соответствие источников и систем водоснабжения, обеспечению качества питьевой воды, которые судами удовлетворены в полном объеме. В 2019 г. с использованием анализа риска для здоровья населения Управлением Роспотребнадзора по РБ направлены предложения в Министерство строительства и модернизации жилищно-коммунального комплекса РБ по включению приоритетных объектов водоснабжения, требующих первоочередной реализации, в региональную программу повышения качества водоснабжения Республики Бурятия и федеральный проект «Чистая вода» национального проекта «Экология».

В 2020–2021 гг. в рамках федерального проекта «Чистая вода» проведены мероприятия по увеличению обеспеченности населения качественной питьевой водой в Республике Бурятия; построены участки водопроводных сетей в п. Саган-Нур Мухоршибирского района, г. Кяхта Кяхтинского района, с. Турка Прибайкальского района, в Юго-Западной, Левобережной частях г. Улан-Удэ; проведена реконструкция системы водоподготовки, в том числе станции обезжелезивания, в с. Тапхар Иволгинского района.

В целях финансирования мероприятий в рамках вышеуказанного проекта разработана проектная документация на строительство водозаборных сооружений и сетей холодного водоснабжения в г. Закаменске, с. Баянгол, п. Холтосон Закаменского района, в с. Гусиное Озеро Селенгинского района, а также реконструкцию систем водоснабжения в с. Тарбагатай Тарбагатайского района.

В 2011–2013 гг. осуществлено внедрение методики оценки риска для здоровья населения в связи с поступлением химических веществ с пищевыми продуктами согласно МУ 2.3.7.2519-09 «Определение экспозиции и оценка риска воздействия химических контаминантов пищевых продуктов на население», что позволило определить эпидемиологические риски заболеваний, связанных с микронутриентной недостаточностью, соответствием пищевых предприятий санитарно-эпидемиологическим требованиям, геохимическими особенностями [1]. Материалы исследований легли в основу мероприятий республиканской целевой программы «Развитие производства и товаропроводящей инфраструктуры системы социального питания и продовольственной помощи уязвимым слоям населения в Республике Бурятия на 2013–2017 годы», подпрограммы «Оптимизация питания населения в Республике Бурятия на 2013–2017 годы» республиканской целевой программы «Формирование здорового образа жизни населения и комплексная профилактика неинфекционных заболеваний в Республике Бурятия на 2013–2017 гг.».

В 2013–2015 гг. использование оценки риска для здоровья населения в связи с поступлением химических веществ с пищевыми продуктами дополнилось многосредовыми рисками для здоровья обучающихся, обусловленными факторами внешней среды обитания. Полученные данные о современных особенностях влияния различных факторов среды обитания на здоровье обучающихся образовательных учреждений различного типа позволили обосновать предложения по сохранению их здоровья. Разработаны и внедрены организационно-правовые и

методические документы по оптимизации условий обучения, совершенствованию питания обучающихся в общеобразовательных учреждениях. Материалы диссертационного исследования использованы при подготовке государственных программ Республики Бурятия «Развитие образования, науки и молодежной политики», утвержденных Постановлением Правительства Республики Бурятия от 6 февраля 2013 г. № 49, а также при подготовке постановления правительства Республики Бурятия от 19.07.2011 г. № 374 «О модернизации в 2011–2013 гг. системы общего образования Республики Бурятия», решений коллегии территориальных органов федеральных органов исполнительной власти в Республике Бурятия по вопросу «О мероприятиях по совершенствованию организации питания школьников Республики Бурятия» от 18.03.2010 г. и коллегии Министерства здравоохранения Республики Бурятия и Управления Роспотребнадзора по Республике Бурятия «О медицинском обеспечении и физическом воспитании школьников в г. Улан-Удэ [8].

Практика внедрения методологии оценки и управления риском для здоровья населения в контрольно-надзорную деятельность Управления Роспотребнадзора по Республике Бурятия продолжается. Так, в связи с радиационными аномалиями природного характера в г. Гусиноозерске Селенгинского района, где с 2016 г. в воздухе 22 жилых помещений установлены превышения допустимых значений радона от 1,5 до 5 раз, для оценки радиационных рисков использована методика, предложенная ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» [2]. С использованием результатов оценки радиационных рисков обосновано проведение ФГУП «РосРАО» (г. Иркутск) углубленных исследований по изучению и оценке радиационной обстановки в г. Гусиноозерске [5]. По результатам указанной работы в отношении 17 жилых помещений установлены превышения допустимых уровней радона, Управлением направлены письма о признании их непригодными для проживания в адрес межведомственной комиссии по признанию помещения жилым помещением, пригодным (непригодным) для проживания граждан на территории МО ГП «Город Гусиноозерск».

Результаты оценки риска для здоровья населения при воздействии различных факторов среды обитания внедрены и используются в практической деятельности органов Роспотребнадзора, министерств и ведомств, муниципальных образований Республики Бурятия. Аккредитованным на проведение оценки риска органом инспекции ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Бурятия» проводятся работы по оценке риска для здоровья человека при обосновании размеров и границ санитарно-защитных зон предприятий. Выводы и предложения ежегодно проводимых работ по оценке риска публикуются в государственных докладах «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Бурятия», «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в г. Улан-Удэ» и информационных бюллетенях «Оценка влияния факторов среды обитания на здоровье населения по показателям социально-гигиенического мониторинга» Республики Бурятия и города Улан-Удэ.

Список литературы

1. Анализ факторов риска здоровья обучающихся с учетом региональных особенностей / С.С. Ханхареев, И.Ю. Тармаева, Н.В. Ефимова, О.Г. Богданова // Здоровье населения и окружающая среда: материалы V Всероссийской конференции. – Иркутск: Иркутский научный центр хирургии и травматологии, 2018. – С. 339–344.

2. Кононенко Д.В. Оценка радиационного риска для населения Санкт-Петербурга при облучении радоном // Радиационная гигиена. – 2013. – Т. 6, № 1. – С. 31–37.

3. МР 2.1.10.0031-11. Комплексная оценка риска возникновения бактериальных кишечных инфекций, передаваемых водным путем / утв. Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 31.07.2011 [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4632 (дата обращения: 04.03.2022).

4. МР 5.1.0029-11. Методические рекомендации к экономической оценке рисков для здоровья населения при воздействии факторов среды обитания / утв. Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 31.07.2011 [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4645 (дата обращения: 04.03.2022).

5. О радиационной обстановке в г. Гусиноозерске Селенгинского района Республики Бурятия и влиянии на здоровье населения / С.С. Ханхареев, К.В. Булутов, Е.Е. Багаева [и др.] // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2018. – С. 138–142.

6. Оценка многосредового риска здоровья населения, проживающего в г. Закаменске (Республика Бурятия) в связи с воздействием отходов Джидинского вольфрамо-молибденового комбината / Н.В. Зайцева, И.В. Май, С.С. Ханхареев [и др.] // Здоровье населения и окружающая среда: материалы V Всероссийской конференции. – Иркутск: ИНЦХТ, 2018. – С. 77–81.

7. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / утв. и введ. в действие Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 5 марта 2004 г. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

8. Ханхареев С.С. Гигиеническая оценка факторов, формирующих здоровье обучающихся в образовательных учреждениях различного типа: автореф. дис. … канд. мед. наук. – Иркутск: ИГМУ, 2014. – 206 с.

О выборе приоритетных веществ для оценки выбросов заводов по сжиганию осадков сточных вод

О.Л. Маркова, П.А. Ганичев, Е.В. Зарицкая, О.И. Копытенкова, Г.Б. Еремин

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

Настоящая работа посвящена определению состава выбросов загрязняющих веществ, образующихся при сжигании осадков сточных вод в псевдоожиженном слое инертного материала (песок с размером частиц 5–1 мм), качественный и количественный объем которых получен с применением современных методов лабораторных исследований, включая SPME/GC-MC. Для разработки программы исследований был выполнен анализ отечественных и зарубежных научных работ, посвященных изучению влияния на окружающую среду предприятий по сжиганию осадков сточных вод, технологий обезвреживания осадков сточных вод. Программа предусматривала определение загрязняющих веществ, характерных для данной технологии, а также выполнение исследований проб неизвестного состава выбросов. Результаты лабораторных исследований проб неизвестного состава показали, что максимальные концентрации отмечаются для следующих химических соединений: диоксины – 2,3,7,8-ТХДФ, 1,2,3,4,8-ПеХДФ, 2,3,4,7,8-ПеХДФ, 1,2,3,4,7,8-ГкХДФ; ПАУ – аценафтилен, аценафтен, флуорен, фенантрен, флуорантен, пирен; металлы – ртуть, хром, никель, свинец; карбонилсодержащие соединения – ацетальдегид, ацетон; высоколетучие и летучие органические соединения – карбонилсульфид, дихлорметан, толуол, ксилол, этилен, бутен-1, транс-пентан, циклопентан; летучие и среднелетучие соединения – бутоксиэтоксиэтилацетат, формальдегид, алканы C_{12}–C_{19}.

Ключевые слова: осадки сточных вод, сжигание осадков сточных вод, химический состав промышленных выбросов.

Урбанизация и индустриализация стран привели к стремительному росту мировых мощностей по производству и очистке сточных вод, что значительно увеличило выход осадка сточных вод (ОСВ) и стало причиной возникновения проблемы утилизации этих отходов [17]. Данная проблема привлекает все большее внимание гражданского общества. Согласно оценкам экспертов, производство ОСВ в 27 странах ЕС должно превысить 13 млн т [16] и ожидается, что суточный объем очистки сточных вод только в Китае достигнет $2{,}09 \cdot 10^8$ м^3/сут, а за год будет производиться более 60 млн т ОСВ [11].

Хранение осадков угрожает водным и почвенным ресурсам, а трансформация органических веществ, содержащихся в осадке, вызывает загрязнение атмосферного воздуха [13]. Таким образом, утилизация ОСВ представляет собой актуальную задачу, требующую адекватных механизмов ее решения.

Поскольку вредные загрязнители и патогенные микроорганизмы продолжают накапливаться в продуктах трансформации, ОСВ как органическое удобрение или улучшитель почвы в сельском хозяйстве может угрожать здоровью человека и окружающей среде [6]. Добавление ОСВ к сырью при производстве различных

строительных материалов создает сложности при организации производственного процесса. На современном этапе сжигание считается одним из эффективных и универсальных методов снижения количества ОСВ и получения энергии [7]. Процесс сжигания предполагает использование печей для нагрева и сушки ОСВ с последующим повышением температуры для окисления органических веществ в ОСВ и уменьшения объема отхода.

Для сжигания осадков сточных вод применяют главным образом печи с кипящим слоем, которые за последние 30–40 лет получили наибольшее распространение в мире. Их широко применяют в США, Германии, Франции, Японии и других странах. При сжигании в этих печах осадки подают в псевдоожиженный слой инертного материала (песок с размером частиц 5–1 мм), нагретый до температуры, обеспечивающей воспламенение осадков. В технологии кипящего слоя происходит сжигание материала в факеле горячего песка, поднятого струей воздуха, при этом вместе с отходящими газами уносится шлак с вредными окислами, которые затем должны пройти многоступенчатую очистку [4].

В настоящее время одним из основных препятствий для широкого использования технологии сжигания осадка ОСВ является обеспокоенность общественности возможными выбросами вредных веществ. Результаты проведенных экспериментальных работ показывают, что содержание летучих соединений в ОСВ выше, чем в других видах топлива, и это одна из основных причин, почему процесс сжигания ОСВ отличается от процесса сжигания других видов топлива [8, 10, 12, 21].

Данное положение подтверждается в материалах ГОСТ Р 59748-2021 «Технические принципы обработки осадков сточных вод. Общие требования», где указывается, что процесс сжигания осадка (после предварительного обезвоживания, сушки или комбинированной обработки осадка) может вызывать неблагоприятное воздействие на окружающую среду, а именно выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, даже с учетом принятых мер по уменьшению такого воздействия.

Основными компонентами валовых выбросов цехов по сжиганию ОСВ являются оксиды азота, соединения серы, углерода оксид.

Выбросы NO_x (в основном NO и NO_2) являются важной составляющей, которую необходимо учитывать при сжигании ОСВ. Содержание азота в ОСВ (4–9 %) намного выше, чем в других видах топлива, таких как уголь (0,5–1,5 %) и биомасса (0,3–1,0 %) [8]. Это может приводить к высокому уровню выбросов оксидов азота (800–1200 мг/м^3 NO_x и 300–400 мг/м^3 N_2O) [9, 20].

Во время сжигания ОСВ сера превращается в различные серосодержащие соединения и выбрасывается в атмосферу в виде газа или твердого вещества в золе. Основными функциональными группами, в которые входит сера, являются меркаптан, сульфид, тиофен, сульфоксид, сульфонат и сульфат. В процессе сжигания ОСВ наблюдается следующая тенденция: концентрации меркаптана, сульфида, сульфона уменьшаются; концентрации тиофена и сульфоксида увеличиваются; содержание сульфата имеет незначительное количественное колебание [15].

Кроме традиционных загрязняющих веществ в промышленных выбросах наибольшее внимание в настоящее время привлекает наличие специфических токсичных и опасных загрязнителей воздуха.

Цель исследования – определение состава специфических загрязняющих веществ в выбросах цехов сжигания ОСВ для выполнения дальнейших работ по оценке риска здоровью населения.

Для выполнения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи**:

– на основе анализа данных научных работ и производственного экологического контроля выбросов выделить основные классы загрязняющих веществ;

– провести анализ проб неизвестного состава промышленных выбросов трех предприятий по сжиганию ОСВ;

– составить перечень загрязняющих веществ, характерных для данной технологии утилизации ОСВ.

Материалы и методы. Санитарно-гигиенические исследования промышленных выбросов, отобранных на трех заводах по сжиганию осадков сточных вод, выполнялись химико-аналитическим центром «Арбитраж» ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева». Качественные и количественные характеристики выбросов были получены с применением современных аналитических методов, включая SPME/GC-MC.

Для измерения выбранных загрязняющих веществ были использованы методы: высокоэффективная жидкостная хроматография с детектором на основе диодной матрицы (ВЭЖХ-ДМ), газовая хроматография с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС), тандемная масс-спектрометрия с ионизацией в индуктивно связанной плазме (ИСП-МС/МС), атомно-абсорбционная спектрометрия (ААС), атомно-абсорбционная спектрометрия с Зеемановской коррекцией неселективного поглощения (ААС-ЗКНР).

Результаты. В ходе проведения анализа исследовательских работ по изучению летучих продуктов горения ОСВ были выявлены составляющие промышленных выбросов, на которые необходимо обратить внимание. Тяжелые металлы составляют около 0,5–2,0 %, даже до 4,0 % от общего сухого веса ОСВ [18]. Концентрации некоторых тяжелых металлов, таких как Pb, Cu и Zn, относительно высоки. При сжигании ОСВ большинство тяжелых металлов превращается в золу, а оставшаяся часть улетучивается и выбрасывается вместе с дымовыми газами.

Диоксины (полихлорированные дибензо-п-диоксины (ПХДД)) и фураны (полихлорированные дибензофураны (ПХДФ)) выделяются как наиболее токсичные загрязняющие вещества, образующиеся при сжигании ОСВ. Поскольку ПХДД / Ф и ПХДД содержат Cl в виде полихлорированных замещенных соединений, присутствие Cl в ОСВ определенно влияет на выбросы ПХДД / Ф [19]. В процессе горения хлор и кислород в результате окислительно-восстановительной реакции могут образовывать различные органические соединения, содержащие хлор, такие как хлорметаны, хлорэтаны и хлоральдегиды [14].

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), в отличие от вышепредставленных соединений, не являются приоритетными в исследованиях выбросов при сжигании иловых осадков. Скорее они представляют типичные загрязнители выбросов транспортных средств, электростанций и могут попадать в ОСВ как городской загрязнитель окружающей среды.

Отечественные и зарубежные научные исследования, посвященные изучению влияния предприятий по сжиганию осадков сточных вод на окружающую среду, анализу используемых на практике технологий обезвреживания осадков сточных вод, анализу результатов производственного экологического контроля атмосферного воздуха, за 5-летний период стали исходным материалом для разработки программы по уточнению специфических компонентов промышленных выбросов.

Был составлен перечень приоритетных загрязняющих веществ для проведения натурных исследований. В перечень вошли соединения, обладающие канцерогенным эффектом: диоксины и фураны, никель, хром, мышьяк, ПАУ, формальдегид; а также легколетучие компоненты, образующиеся при сгорании осадка и соединения тяжелых металлов.

В рамках данной работы был выполнен анализ пробы неизвестного состава промышленных выбросов с целью уточнения качественных и количественных характеристик выбросов. В результате анализа проб промышленных выбросов на содержание загрязняющих веществ были идентифицированы и измерены 140 химических соединений, характеризующих процесс сжигания осадков на изучаемых предприятиях [1–3, 5].

Результаты лабораторных исследований проб неизвестного состава показали, что максимальные концентрации отмечаются для следующих химических соединений: диоксины – 2,3,7,8-ТХДФ, 1,2,3,4,8-ПеХДФ, 2,3,4,7,8-ПеХДФ, 1,2,3,4,7,8-ГкХДФ; ПАУ – аценафтилен, аценафтен, флуорен, фенантрен, флуорантен, пирен; металлы – ртуть, хром, никель, свинец; карбонилсодержащие соединения – ацетальдегид, ацетон; высоколетучие и летучие органические соединения – карбонилсульфид, дихлорметан, толуол, ксилол, этилен, бутен-1, транс-пентан, циклопентан; летучие и среднелетучие соединения – бутоксиэтоксиэтилацетат, формальдегид, алканы C_{12}–C_{19}.

Выводы. Полученные данные подтверждают наличие в промышленных выбросах соединений, относящихся к 1–4-му классам опасности и различным классам химических соединений: серосодержащие соединения, альдегиды, ароматические углеводороды, алифатические углеводороды, спирты, сложные эфиры, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), диоксины / фураны, металлы, галогенсодержащие соединения (хлорорганические соединения). Широкий перечень загрязняющих веществ включает продукты неполного сгорания соединений, характерных для химического состава илов очистных сооружений.

Список литературы

1. К вопросу о контроле летучих загрязняющих соединений, формирующих запах, при деятельности канализационных очистных сооружений / Е.В. Зарицкая, П.А. Ганичев, О.Л. Маркова, Г.Б. Еремин // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2020. – № 10 (331). – С. 52–55. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-331-10-52-55

2. К вопросу сжигания осадков сточных вод / О.И. Копытенкова, Г.Б. Еремин, Н.А. Мозжухина [и др.] // Актуальные вопросы гигиены: сборник научных трудов VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Санкт-Петербург, 27 февраля 2021 года. – СПб.: Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, 2021. – С. 167–171.

3. Маркова О.Л., Зарицкая Е.В., Еремин Г.Б. К вопросу дезодорации осадков сточных вод // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020. – Т. 15, № 1. – С. 393–401.

4. Рублевская О.Н., Краснопеев А.Л. Опыт внедрения современных технологий и методов обработки осадка сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 4. – С. 65–69.

5. Современные технологии обращения с осадками сточных вод. Краткий литературный обзор / О.И. Копытенкова, П.А. Ганичев, О.Л. Маркова [и др.] // Здоро-

вье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2021. – Т. 16, № 1. – С. 45–58.

6. Assessing the probability of infection by Salmonella due to sewage sludge use in agriculture under several exposure scenarios for crops and soil ingestion / F.Jr. Krzyzanowski, M. de Souza Lauretto, A.C. Nardocci [et al.] // Sci. Total Environ. – 2016. – Vol. 568. – P. 66–74. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.05.129

7. Co-combustion of textile dyeing sludge with cattle manure: assessment of thermal behavior, gaseous products, and ash characteristics / J. Zhang, G. Sun, J. Liu [et al.] // J. Clean. Prod. – 2020. – Vol. 253. – P. 119950. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119950

8. Combustion of pelleted sewage sludge with reference to coal and biomass / A. Kijo-Kleczkowska, K. Sroda, M. Kosowska-Golachowska [et al.] // Fuel. – 2016. – Vol. 170. – P. 141–160. DOI: 10.1016/j.fuel.2015.12.026

9. Development of a chemical kinetic model for a biosolids fluidized-bed gasifier and the effects of operating parameters on syngas quality / W.M. Champion, C.D. Cooper, K.R. Mackie, P. Cairney // J. Air Waste Manag. Assoc. – 2013. – Vol. 64, № 2. – P. 160–174. DOI: 10.1080/10962247.2013.845619

10. Effect of mineral reaction between calcium and aluminosilicate on heavy metal behavior during sludge incineration / J. Zha, Y. Huang, W. Xia [et al.] // Fuel. – 2018. – Vol. 229. – P. 241–247. DOI: 10.1016/j.fuel.2018.05.015

11. Effects of Municipal Sewage Sludge on Fixation of Cr, Ni, Cu, and Zn during Co-processing of Heavy Metal-containing Waste in Cement Kilns / W. Liu, H. Cao, J. Xu [et al.] // Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed. – 2018. – Vol. 33. – P. 892–900. DOI: 10.1007/s11595-018-1910-0

12. Experimental investigation of gasification and incineration characteristics of dried sewage sludge in a circulating fluidized bed / J. Zhu, Y. Yao, Q. Lu [et al.] // Fuel. – 2015. – Vol. 150. – P. 441–447. DOI: 10.1016/j.fuel.2015.02.031

13. Heavy metals in sludge during anaerobic sanitary landfill: Speciation transformation and phytotoxicity / Y. Kai, Y. Zhu, R. Shan [et al.] // Journal of environmental management. – 2017. – Vol. 189. – P. 58–66. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.12.019

14. Hong Y., Naruse I. Control of trace metal emissions by sorbents during sewage sludge combustion // Proceedings of the Combustion Institute. – 2005. – Vol. 30, № 2. – P. 3009–3016. DOI: 10.1016/j.proci.2004.07.047

15. Investigation of sulfur forms and transformation during the co-combustion of sewage sludge and coal using X-ray photoelectron spectroscopy / P.S. Li, Y. Hu, W. Yu [et al.] // J. Hazard. Mater. – 2009. – Vol. 167, № 1–3. – P. 1126–1132. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.01.115

16. Kominko H., Gorazda K., Wzorek Z. The Possibility of Organo-Mineral Fertilizer Production from Sewage Sludge // Waste and Biomass Valorization. – 2017. – Vol. 8. – P. 1781–1791. DOI: 10.1007/s12649-016-9805-9

17. Legislation for the Reuse of Biosolids on Agricultural Land in Europe: Overview / M.C. Collivignarelli, A. Abbà, A. Frattarola [et al.] // Sustainability. – 2019. – Vol. 11, № 21. – P. 6015. DOI: 10.3390/su11216015

18. Partition of Heavy and Alkali Metals during Sewage Sludge Incineration / J. Han, M. Xu, H. Yao [et al.] // Energy & Fuels. – 2006. – Vol. 20, № 2. – P. 583–590. DOI: 10.1021/ef0501602

19. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in flue gas emissions from municipal solid waste incinerators in China / T. Chen, Y. Gu, J. Yan [et al.] // Journal of

Zhejiang University – Science A: Applied Physics & Engineering. – 2008. – Vol. 9, № 9. – P. 1296–1303. DOI: 10.1631/jzus.A0720144

20. Sanger M., Werther J., Ogada T. NO_x and N_2O emission characteristics from fluidised bed combustion of semi-dried municipal sewage sludge // Fuel. – 2001. – Vol. 80, № 2. – P. 167–177. DOI: 10.1016/S0016-2361(00)00093-4

21. Thermochemical processing of sewage sludge to energy and fuel: Fundamentals, challenges and considerations / S.S. Syed-Hassan, Y. Wang, S. Hu [et al.] // Renewable & Sustainable Energy Reviews. – 2017. – Vol. 80. – P. 888–913. DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.262

Организация экологического мониторинга в промышленном городе на современном этапе. Состояние и проблемы

Б.И. Марченко, К.С. Тарасенко

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Ростов-на-Дону, Россия

Приведен анализ существующей системы экологического мониторинга на региональном (Ростовская область) и муниципальном (г. Таганрог) уровнях. Осуществлена оценка текущего состояния организации экологического мониторинга, определены основные проблемы, касающиеся межведомственного взаимодействия, включая информационно-аналитическое с системой социально-гигиенического мониторинга в сфере динамического наблюдения за параметрами качества и безопасности окружающей среды на примере атмосферного воздуха. Отмечен недостаточный уровень межведомственного взаимодействия, что определяет высокую актуальность разработки мероприятий по его оптимизации при реализации Концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 г. Предложен ряд перспективных направлений по совершенствованию ведения экологического мониторинга, включая разрабатываемую унифицированную схему мониторинга атмосферного воздуха, предусматривающую тесное межведомственное взаимодействие в рамках четырех функциональных блоков.

Ключевые слова: экологический мониторинг, социально-гигиенический мониторинг; антропогенная техногенная нагрузка, загрязнение атмосферы, информационно-аналитическое обеспечение, географические информационные системы.

Нарастание комплекса проблемы, обусловленных загрязнением компонентов окружающей природной среды, определяет высокую актуальность и приоритетность оптимизации ведения экологического мониторинга. Несомненно, существенному повышению эффективности функционирования единой системы государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), регламентированного Постановлением Правительства РФ от 09.08.2013 г. № 681 «О государственном экологическом мониторинге», включая формирование фонда

данных государственного экологического мониторинга, будет способствовать всестороннее взаимодействие с национальной системой социально-гигиенического мониторинга. Именно поэтому полноценный информационный межведомственный взаимообмен и согласованность аналитического обеспечения систем экологического и социально-гигиенического мониторинга на муниципальном, региональном и федеральном уровнях декларируется в качестве одного их ключевых направлений при реализации Концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 г. [3, 5, 8, 10].

В соответствии со ст. 63 последней редакции Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ осуществление государственного экологического мониторинга в рамках единой системы и ряда подсистем предусматривает создание и функционирование специализированных наблюдательных сетей и информационных ресурсов с формированием государственного фонда профильных данных, функции оператора которого возложены на Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Для ряда подсистем, входящих как составные части в единую систему государственного экологического мониторинга, например, государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды, атмосферного воздуха, радиационной обстановки и водных объектов, вне зависимости от специфики решаемых ими задач, справедливым будет утверждение, что существует значительное число потенциальных «точек пересечения и тесного взаимодействия» с соответствующими направлениями социально-гигиенического мониторинга. Единая система государственного экологического мониторинга функционально разделена между восемью федеральными ведомствами и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации. При этом за каждым федеральным ведомством закреплены определенные направления деятельности. Так, в обширный комплекс задач, решаемых Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, входят такие, как государственный мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды, атмосферного воздуха и радиационной обстановки, реализуемые на основе соответствующих подразделений государственной наблюдательной сети. Что касается полномочий каждого из субъектов Российской Федерации, то их участие в осуществлении государственного экологического мониторинга предусматривает формирование и обеспечение функционирования систем наблюдения за состоянием окружающей среды на соответствующих территориях [1, 9].

Цель исследования – изучить современное состояние организации и осуществления экологического мониторинга в Ростовской области и г. Таганроге.

Материалы и методы. Использованы сведения о состоянии атмосферного воздуха в г. Таганроге, полученные при ведении экологического (2017–2021 гг.) и социально-гигиенического (2011–2021 гг.) мониторинга. При формировании баз данных и их статистической обработке применялось специализированное программное обеспечение собственной разработки и профессиональный пакет статистических программ IBM SPSS Statistics (Statistical Package for Social Science) version 19.0.

Результаты. В Ростовской области в соответствии с государственными программами Российской Федерации реализуется утвержденная Постановлением Правительства Ростовской области от 15.10.2018 № 638 с изменениями от 04.04.2022 № 254 государственная программа Ростовской области «Охрана окружающей среды и рациональное природопользование», рассчитанная на период 2019–2030 гг.,

ответственным исполнителем которой является Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области. В числе основных приоритетов данной программой декларирован широкий комплекс мероприятий, включающий, в частности, расширение системы наблюдения за состоянием окружающей среды; мероприятия по минимизации негативного воздействия стационарных и передвижных источников на состояние атмосферного воздуха; мониторинг объектов, представляющих опасность для окружающей среды; сокращение негативного антропогенного воздействия на водные объекты; развитие инфраструктуры по раздельному сбору, утилизации, обезвреживанию и размещению твердых коммунальных отходов и другие. Кроме того, на территории Ростовской области реализуется предусматривающая мероприятия по снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха и антропогенной нагрузки на окружающую среду региональная программа «Охрана атмосферного воздуха в Ростовской области», утвержденная постановлением Правительства Ростовской области от 29.12.2016 № 903.

Ежегодно Министерством природных ресурсов и экологии Ростовской области издается экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области» и является докладом Ростовской области о состоянии окружающей среды, подготовленным на основе информации территориальных органов федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти Ростовской области, органов местного самоуправления муниципальных образований Ростовской области, а также ведомств и организаций, имеющих отношение к природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности.

Согласно результатам статистических наблюдений по форме № 2-ТП (воздух), осуществляемых Федеральной службой по надзору в сфере природопользования, общий объем выбросов в атмосферный воздух Ростовской области в 2021 г. составил 311.08 тыс. т, в том числе 175 тыс. т (56,26 %) приходится на стационарные источники и 134,14 тыс. т (43,12 %) – на выбросы автомобильного транспорта. Экологический мониторинг загрязнения атмосферного воздуха в Ростовской области реализуется на базе государственной наблюдательной сети Росгидромета, располагающей четырнадцатью стационарными постами наблюдения в шести наиболее крупных промышленных городах областного подчинения – Ростове-на-Дону, Азове, Волгодонске, Шахтах, Таганроге и Цимлянске. Программами стационарных наблюдений предусматривается ежесуточный трехразовый контроль за содержанием в атмосфере от 6 до 14 приоритетных поллютантов. В зависимости от местоположения посты наблюдения подразделяются на городские фоновые (в селитебных зонах), промышленные (в зоне влияния промышленных предприятий) и автомобильные (вблизи крупных автомагистралей).

Проведенный анализ современного состояния организации и ведения экологического мониторинга на уровне муниципального образования Ростовской области – г. Таганрога с населением около 250 тыс. человек показал, что организационно система экологического мониторинга, сформировавшаяся в период 2008–2011 гг., функционально объединяет шесть подсистем – мониторинга состояния атмосферного воздуха, мониторинга состояния водных объектов, мониторинга качества почв, радиационно-экологического мониторинга, мониторинга состояния зеленых насаждений и рекреационных зон, мониторинга сведений об отходах производства и потребления. Предусматривается, что собираемые в данных подсистемах про-

фильные данные должны аккумулироваться и подвергаться аналитической обработке в специализированном муниципальном информационно-аналитическом экологическом центре (рис. 1).

Рис 1. Функциональная организация системы экологического мониторинга города Таганрога Ростовской области

В рамках научных исследований и практических работ по динамическому наблюдению за состоянием окружающей среды в городе был разработан проект городской автоматизированной системы экологического мониторинга, включающей комплекс технических и программных средств для ведения специализированных баз данных, а также системы прогнозирования, картирования и графической визуализации информации. Проектирование выполнялось на конкурсной основе специалистами четырех структурных подразделений таганрогского кампуса Южного федерального университета (Инженерно-технологической академии) – Института компьютерных технологий и информационной безопасности, Института нанотехнологий, электроники и приборостроения, Института радиотехнических систем и управления, а также Института управления в экономических, экологических и социальных системах. К сожалению, данный проект не был профинансирован и остался нереализованным.

Были проведены инициативные пилотные исследования и опробована схема взаимодействия между муниципальным информационно-аналитическим экологическим центром, экологическими службами и основными промышленными предприятиями г. Таганрога в целях сбора информации о состоянии окружающей среды в унифицированном формате и формированием единых профильных баз данных с перспективой реализации городской автоматизированной системы экологического мониторинга. Все применяемое в системе экологического мониторинга города оборудование включено в Государственный реестр средств измерений. Предполагается, что программные средства городской автоматизированной системы экологиче-

ского мониторинга в перспективе должны реализовывать, наряду с ведением баз данных и их статистической обработкой, процедуры математического моделирования и проспективного анализа (прогнозирования) экологической ситуации, а также динамическое формирование электронной карты города с визуальным отображением результатов мониторинга на основе применения географических информационных систем (ГИС).

Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха в г. Таганроге вносит автомобильный транспорт, а в выбросы от стационарных источников – ОАО «Тагмет», ОАО ТПТС «Теплоэнерго», ОАО ТКЗ «Красный котельщик», ОАО «ТАНТК им. Бериева», ОАО «Таганрогский морской торговый порт» и ОАО «Стройдеталь». В рамках подсистемы мониторинга состояния атмосферного воздуха наблюдения за содержанием в воздухе вредных примесей проводятся на единственной станции ФГБУ «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», расположенной в центре города вблизи автомагистрали и работающей по безлабораторному типу (850–900 проб ежегодно). Кроме того, ежегодно в период с апреля по сентябрь осуществляется маршрутное обследование уровня загрязнения атмосферного воздуха в трех точках опробования, расположенных на селитебных территориях в зоне влияния выбросов ОАО «Тагмет» (300 проб ежегодно). В соответствии с принятой в системе экологического мониторинга Ростовской области схемой оценки загрязнения атмосферы в качестве основных показателей качества воздуха применяются: индекс загрязнения атмосферы отдельной примесью (ИЗА); комплексный индекс загрязнения атмосферы ($ИЗА_5$) пятью приоритетными (маркерными) примесями (взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид и оксид азота); стандартный индекс (СИ) – значение максимальной зарегистрированной концентрации, приведенное к $ПДК_{мр}$; наибольшая повторяемость (в %) превышения $ПДК_{мр}$. Уровень загрязнения атмосферы считается повышенным при $ИЗА_5$ от 5 до 6, СИ менее 5 и НП менее 20 %; высоким – при $ИЗА_5$ от 7 до 13, СИ от 5 до 10, НП от 20 % до 50 %; очень высоким при $ИЗА_5$, равном или больше 14, СИ более 10, НП более 50 %. Если $ИЗА_5$, СИ и НП соответствуют разным градациям, то степень загрязнения атмосферы оценивается по $ИЗА_5$ (табл. 1).

Таблица 1

Динамика уровня загрязнения атмосферного воздуха в г. Таганроге по данным системы экологического мониторинга за период 2017–2021 гг.

Наименование примеси	Наименование показателей	Единица измерения	Год наблюдения					Среднегодовой темп прироста тенденции, %
			2017	2018	2019	2020	2021	
Взвешенные вещества	Среднегодовая концентрация ($Q_{ср}$)	мг/м^3	0,200	0,200	0,200	0,100	0,300	5,14
	Стандартный индекс (СИ)	ПДК	4,000	3,400	1,600	6,000	3,200	2,79
	Наибольшая повторяемость превышения ПДК (НП)	%	1,300	1,700	0,900	1,700	1,900	8,40
Диоксид серы	Среднегодовая концентрация ($Q_{ср}$)	мг/м^3	0,002	0,002	0,002	0,004	0,005	34,63
	Стандартный индекс (СИ)	ПДК	0,100	0,100	0,000	0,100	0,100	0,00

Окончание табл. 1

Наименование примеси	Наименование показателей	Единица измерения	Год наблюдения					Среднегодовой темп прироста тенденции, %
			2017	2018	2019	2020	2021	
	Наибольшая повторяемость превышения ПДК (НП)	%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	н/о
Оксид углерода	Среднегодовая концентрация ($Q_{ср}$)	мг/м^3	3,000	2,300	1,700	1,700	2,100	-10,68
	Стандартный индекс (СИ)	ПДК	7,000	2,400	1,800	1,500	1,900	-39,25
	Наибольшая повторяемость превышения ПДК (НП)	%	2,900	1,200	0,800	0,100	2,700	-9,40
Диоксид азота	Среднегодовая концентрация ($Q_{ср}$)	мг/м^3	0,080	0,080	0,040	0,030	0,030	-28,03
	Стандартный индекс (СИ)	ПДК	2,400	2,900	2,400	1,700	1,700	-11,25
	Наибольшая повторяемость превышения ПДК (НП)	%	3,600	2,900	0,200	0,200	0,100	-58,40
Оксид азота	Среднегодовая концентрация ($Q_{ср}$)	мг/м^3	0,060	0,060	0,020	0,030	0,030	-21,52
	Стандартный индекс (СИ)	ПДК	1,000	1,100	0,700	0,900	1,300	4,09
	Наибольшая повторяемость превышения ПДК (НП)	%	0,100	0,200	0,000	0,000	0,400	38,38
Хлорид водорода	Среднегодовая концентрация ($Q_{ср}$)	мг/м^3	0,070	0,090	0,060	0,050	0,100	2,74
	Стандартный индекс (СИ)	ПДК	4,400	6,900	4,500	2,900	2,200	-19,18
	Наибольшая повторяемость превышения ПДК (НП)	%	4,400	9,000	2,500	1,600	7,800	-1,18
Интегральные показатели	Стандартный индекс (СИ)	ПДК	7,000	6,900	4,500	6,000	3,200	-14,71
	Наибольшая повторяемость превышения ПДК (НП)	%	4,400	9,000	2,500	1,700	12,400	16,10
	Комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА$_5$)	б/р	6,000	6,000	3,000	3,000	5,000	-10,46

Результаты маршрутных обследований уровня загрязнения атмосферного воздуха, проводящихся в рамках экологического мониторинга ежегодно с апреля по сентябрь в трех точках опробования, относящихся к зоне негативного воздействия выбросов стационарных источников ОАО «Тагмет», за период 2017–2022 гг. свидетельствуют о том, что концентрации сероводорода, диоксида серы, диоксида и оксида азота не превышали ПДК ни в одной из 1500 исследованных проб. Сред-

няя концентрация оксида углерода превышает гигиенический норматив в 1,3 раза при максимальной зарегистрированной 8,8 $ПДК_{мр}$; хлорида водорода – соответственно 1,6 $ПДК_{сс}$ и 5,5 $ПДК_{мр}$.

Следует отметить, что до настоящего времени информационно-аналитическое взаимодействие систем экологического и социально-гигиенического мониторинга фактически отсутствует. При осуществлении мониторинга качества атмосферы филиалом ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области» в г. Таганроге отбор проб атмосферного воздуха с 2008 г. проводится в четырех фиксированных мониторинговых точках наблюдения, локализованных на территориях селитебного освоения и вблизи перекрестков с интенсивным движением автотранспорта. Приоритетный вклад в суммарный индекс загрязнения атмосферы ($ИЗА_{18}$) г. Таганрога за период 2011–2021 гг. внесли такие поллютанты, как серы диоксид (при долевом вкладе 25,03 %), азота диоксид (14,52 %), марганец (11,88 %), азота оксид (11,13 %), оксид углерода (8,11 %), взвешенные вещества (4,91 %) и формальдегид (7,00 %) (табл. 2).

Таблица 2

Показатели загрязнения атмосферного воздуха в мониторинговых точках системы социально-гигиенического г. Таганрога за период 2011–2021 гг.

Наименование показателей	Азота диоксид	Бенз(а)пирен (мкг/м3)	Бензол	Взвешенные вещества	Сера диоксид	Ксилол
Класс опасности	3	1	2	3	3	3
Число проб	5001	515	2800	2651	5051	0
– в том числе с превышением ПДК	1	2	21	0	100	0
– % проб с превышением ПДК	*0,02*	*0,39*	*0,75*	*0,00*	*1,98*	*0,00*
Максимальная концентрация (мг/м3)	0,22000	0,00240	2,33400	0,50000	3,20000	0,00000
– в $ПДК_{мр}$	1,10	2,40	7,78	1,00	6,40	0,00
– индекс загрязнения примесью	**1,10**	**4,43**	**14,40**	**1,00**	**6,40**	**0,00**
Среднегодовой темп прироста тенденции индекса загрязнения (%)	*-1,34*	*-40,28*	*-9,05*	*-5,14*	*-45,97*	*н/о*
Средняя концентрация (мг/м3)	0,04888	0,00023	0,01531	0,06195	0,10537	0,00000
– в $ПДК_{сс}$	1,22	0,23	0,15	0,41	2,11	0,00
– индекс загрязнения примесью	**1,22**	**0,23**	**0,15**	**0,41**	**2,11**	**0,00**
Среднегодовой темп прироста тенденции индекса загрязнения (%)	*16,34*	*14,46*	*-13,63*	*-14,57*	*-20,50*	*н/о*
Вклад примеси в индекс загрязнения атмосферы (%)	14,52	2,74	1,82	4,91	25,03	0,00
Ранг вклада примеси в индекс загрязнения атмосферы	**2**	9	14	7	**1**	16
Наименование показателей	**Марганец**	**Оксид азота**	**Оксид углерода**	**Свинец**	**Серная кислота**	**Сероводород**
Класс опасности	2	3	3	1	2	2
Число проб	200	950	5451	800	800	1400
– в том числе с превышением ПДК	0	0	9	0	0	0
– % проб с превышением ПДК	*0,00*	*0,00*	*0,17*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
Максимальная концентрация (мг/м3)	0,00000	0,40000	7,20000	0,00024	0,08000	0,00800
– в $ПДК_{мр}$	0,00	1,00	1,44	0,24	0,27	1,00
– индекс загрязнения примесью	**0,00**	**1,00**	**1,39**	**0,24**	**0,27**	**1,00**
Среднегодовой темп прироста тенденции индекса загрязнения (%)	*н/о*	*н/о*	*1,59*	*н/о*	*н/о*	*н/о*
Средняя концентрация (мг/м3)	0,00100	0,05621	2,04738	0,00006	0,00263	0,00242
– в $ПДК_{сс}$	1,00	0,94	0,68	0,20	0,03	0,30
– индекс загрязнения примесью	**1,00**	**0,94**	**0,68**	**0,20**	**0,03**	**0,30**
Среднегодовой темп прироста тенденции индекса загрязнения (%)	*н/о*	*н/о*	*5,35*	*н/о*	*н/о*	*н/о*
Вклад примеси в индекс загрязнения атмосферы (%)	11,88	11,13	8,11	2,37	0,31	3,59
Ранг вклада примеси в индекс загрязнения атмосферы	**3**	**4**	**5**	11	15	8
Наименование показателей	**Толуол**	**Углеводороды алканы С12-19**	**Углеводороды (по бензину)**	**Формальдегид**	**Водород хлорид**	**Этилбензол**
Класс опасности	3	4	4	2	2	
Число проб	0	2600	2000	1400	800	0
– в том числе с превышением ПДК	0	0	0	0	0	0
– % проб с превышением ПДК	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
Максимальная концентрация (мг/м3)	0,00000	3,00000	3,00000	0,05300	0,10000	0,00000
– в $ПДК_{мр}$	0,00	3,00	0,60	1,06	0,50	0,00
– индекс загрязнения примесью	**0,00**	**2,69**	**0,60**	**1,08**	**0,50**	**0,00**
Среднегодовой темп прироста тенденции индекса загрязнения (%)	*н/о*	*н/о*	*-28,61*	*н/о*	*н/о*	*н/о*
Средняя концентрация (мг/м3)	0,00000	0,15642	0,34218	0,00589	0,01713	0,00000
– в $ПДК_{сс}$	0,00	0,16	0,23	0,59	0,17	0,00
– индекс загрязнения примесью	**0,00**	**0,16**	**0,23**	**0,59**	**0,17**	**0,00**
Среднегодовой темп прироста тенденции индекса загрязнения (%)	*н/о*	*н/о*	*-32,77*	*н/о*	*н/о*	*н/о*
Вклад примеси в индекс загрязнения атмосферы (%)	0,00	1,86	2,71	7,00	2,03	0,00
Ранг вклада примеси в индекс загрязнения атмосферы	16	13	10	**6**	12	16

В целях сопоставимости данных при расчетах комплексного индекса загрязнения атмосферы (КИЗА, I) при ведении социально-гигиенического мониторинга учитывается содержание в воздухе четырех приоритетных поллютантов – взвешенных веществ, диоксида азота, диоксида азота и оксида углерода, которые рассматриваются как индикаторные (маркерные) показатели. В целом за период 2011–2021 гг. по показателю комплексного индекса загрязнения атмосферного воздуха (КИЗА, I) в г. Таганроге сформировалась устойчивая тенденция к снижению при среднемноголетнем темпе прироста – 1,42 % и линии регрессии по типу логарифмической кривой: $Yt = 9{,}055–3{,}397 \cdot \log(X)$ (рис. 2).

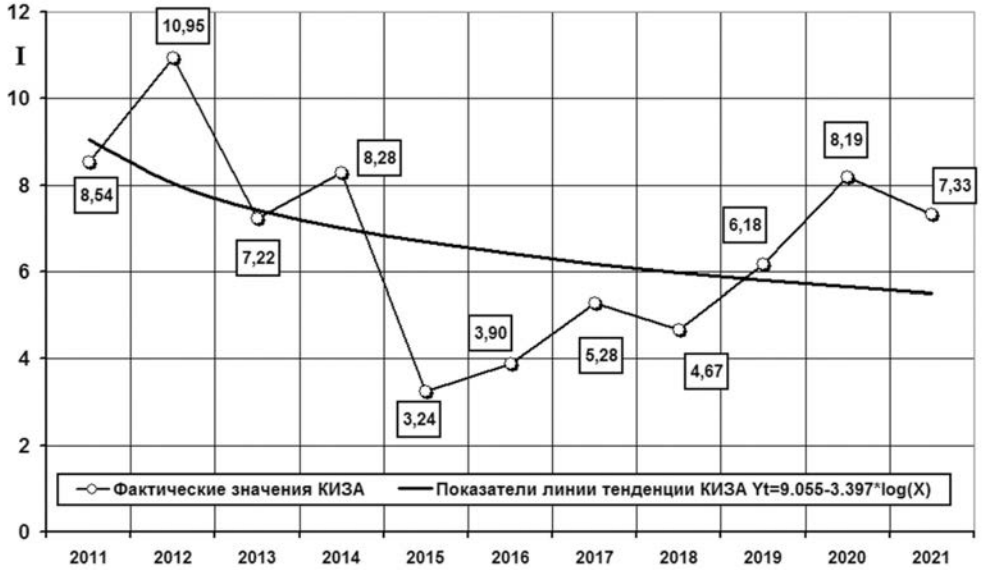


Рис. 2. Динамика комплексного индекса загрязнения атмосферного воздуха (КИЗА, I) в г. Таганроге по данным социально-гигиенического мониторинга за период 2011–2021 гг.

Параллельно с лабораторным контролем филиалом ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области» в г. Таганроге периодически осуществлялось моделирование распространения приоритетных загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы, в том числе от источников крупных промышленных предприятий (ОАО «Тагмет» и ОАО ТКЗ «Красный котельщик»), результаты которого применялись для эколого-гигиенического картографирования территории города с использованием географических информационных систем (с привлечением специалистов ООО «Научно-производственная компания «Бюро Кадастра Таганрога»).

Центры и службы гидрометеорологии в городе представлены Морской гидрометеорологической станцией, относящейся к Федеральному государственному бюджетному учреждению «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» и участвующей в мониторинге фонового загрязнения окружающей среды, включая атмосферный воздух. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Черноморо-Азовская дирекция по техническому обеспечению надзора на море», имеющее в своем составе экоаналитическую лабораторию и

отдел по техническому надзору на море, в рамках обеспечения федерального государственного экологического надзора проводит для Росприроднадзора и его территориальных органов лабораторные исследования, измерения и испытания, экспертное сопровождение и транспортное обеспечение. Деятельность Федерального государственного учреждения «Информационно-аналитический центр по водопользованию и мониторингу Азовского моря» (ФГУ «Азовморинформцентр») включает комплекс мероприятий: по рациональному использованию, восстановлению и охране водных объектов; предотвращению их загрязнения вод водных объектов; наблюдению, оценке и прогнозу изменений состояния водных объектов. В состав «Центра комплексных морских исследований» Южного федерального университета (ЦКМИ ЮФУ) входят лаборатория океанологических исследований, расположенная на научно-исследовательском судне «Платов» и лаборатория обработки гидрографических и гидрофизических данных. К основным направлениям деятельности ЦКМИ ЮФУ относятся: разработка и применение новых технологий мониторинга морских и речных природных и техногенных систем в целях обеспечения геоэкологической безопасности, предотвращения экологических катастроф и чрезвычайных ситуаций; построение математических моделей функционирования морских экосистем с разработкой и применением высокотехнологичной наукоемкой продукции; разработка и эксплуатация морских программно-аппаратных комплексов мониторинга состояния водной среды и инженерно-технических объектов шельфовой инфраструктуры; исследование и разработка волновых методов и средств дистанционного зондирования морской среды; проведение экспедиционных исследований в водоемах Азово-Черноморского бассейна и формирование на их основе баз данных многолетних наблюдений гидрохимических, гидрофизических и гидробиологических данных; экспертная оценка состояния, выдача рекомендаций по безопасной эксплуатации морских техногенных объектов; проведение мониторинга строительных работ на морском шельфе.

Среди основных проблем, обусловливающих недостаточную эффективность системы экологического мониторинга на уровне муниципальных образований Ростовской области, наряду с недостаточным ее финансированием и материально-техническим обеспечением, следует отметить недостаточный уровень информационно-аналитического взаимодействия как между организациями и учреждениями, непосредственно задействованными в системе экологического мониторинга, так и практически полное отсутствие его в отношении системы социально-гигиенического мониторинга. Так, информационно-аналитическое взаимодействие систем социально-гигиенического и экологического мониторинга на муниципальном уровне в настоящее время организационно не оформлено, фактически носит спорадический и бессистемный характер, что определяет высокую актуальность разработки мероприятий по его оптимизации при реализации Концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 г. Разрабатываемая унифицированная схема мониторинга атмосферного воздуха в Таганроге предусматривает тесное межведомственное взаимодействие в рамках четырех функциональных блоков: 1) подсистемы контроля качества воздушной среды (осуществление плановых и оперативных исследований и наблюдений); 2) подсистемы сбора и хранения профильной информации (формирование консолидированной базы данных систем социально-гигиенического и экологического мониторинга); 3) информационно-моделирующего блока (обеспечение функций анализа, моделирования, прогнозирования и информирования); 4) блока управ-

ления (разработка и принятие управленческих решений на основе применения моделирования ситуации и экспертных систем).

К перспективным направлениям по совершенствованию ведения экологического мониторинга, с нашей точки зрения, следует отнести формирование и использование единой профильной базы пространственных данных и ГИС-технологий (специализированных унифицированных экологических геоинформационных систем), что позволит автоматизировать процедуры геоэкологического картографирования и анализа особенностей экологического состояния, а также картографическое и геоинформационное обоснование разрабатываемых схем территориального планирования муниципальных образований. Кроме того, внедрение ГИС-технологий в целях формирования динамического «информационного портрета» актуальной экологической обстановки на территории муниципального образования должно быть положено в основу оптимизации межмуниципального взаимодействия по различным направлениям осуществления экологического мониторинга на сопредельных административных территориях с выходом на моделирование и прогнозирование изменений экологического статуса, формирование массива актуальной информации, необходимой для разработки, принятия и реализации адекватных ситуации экологических управленческих решений [2, 4, 6, 7].

Список литературы

1. Дмитренко В.П., Сотникова Е.В., Кривошеин Д.А. Экологическая безопасность в техносфере. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 524 с.

2. 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. – 2019. – № 9 (318). – С. 4–12.

3. Онищенко Г.Г. Актуальные задачи гигиенической науки и практики в сохранении здоровья населения // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 3. – С. 5–9.

4. Опыт организации и проведения санитарно-эпидемиологических исследований по выявлению и доказательству связи нарушений здоровья населения с качеством атмосферного воздуха в зонах влияния хозяйствующих субъектов / Н.В. Зайцева, И.Г. Жданова-Заплесвичко, М.А. Землянова [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. – 2021. – № 1 (334). – С. 4–15.

5. Попова А.Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиций сохранения здоровья нации // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – № 2 (251). – С. 4–7.

6. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. К вопросу об имплементации оценки качества жизни населения в систему социально-гигиенического мониторинга // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 3. – С. 4–12.

7. 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.

8. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В., Копытенкова О.И. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга территорий крупных городов // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96. – № 4. – С. 298–301.

9. Сорокин А.В., Сотникова Е.В., Графкина М.В. Экологические критерии воздействия автотранспорта на депонирующие среды рекреационных зон // Безопасность жизнедеятельности. – 2015. – № 8 (176). – С. 45–51.

10. Социально-гигиенический мониторинг на современном этапе: состояние и перспективы развития в сопряжении с риск-ориентированным надзором / Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2016. – № 4. – С. 4–16.

Современное состояние проблемы загрязнения природных вод фармацевтическими препаратами и их метаболитами

Б.И. Марченко, А.А. Назарянц

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Ростов-на-Дону, Россия

Результатом широкой доступности лекарственных препаратов различных классов в Российской Федерации возрастает их потребление в медицинских целях и, как следствие, увеличивается вероятность их попадания в объекты окружающей среды. Как неизмененные остатки лекарственных средств, так и их биологически активные дериваты, находясь в окружающей среде, способны обусловливать потенциальный риск для здоровья населения. Рассматривается проблема растущего неконтролируемого присутствия остатков фармацевтических средств и их метаболитов в окружающей среде. Представлены первичные результаты исследований уровня и структуры загрязнения водной среды за счет поступления в нее сточных вод из канализационной системы промышленного города юга Российской Федерации. В качестве объекта исследования выбран г. Таганрог Ростовской области с населением около 250 тыс. человек. Выполнен анализ сведений о применении различных фармацевтических средств в стационарных отделениях трех крупных лечебно-профилактических учреждениях города за 2021 г. в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции. Проведена оценка потенциальной возможности попадания отдельных фармацевтических препаратов и их метаболитов со стоками в Таганрогский залив Азовского моря вследствие физических, а также физиологических экскреций находящихся на стационарном лечении пациентов. Рассмотрены перспективы организации динамического наблюдения за ксенобиотического профиля водных объектов как одного из направлений социально-гигиенического мониторинга с потенциальным выходом на оценку риска здоровью населения, обусловленного остатками лекарственных препаратов и их дериватами.

Ключевые слова: ксенобиотический профиль, фармацевтические препараты, сточные воды, загрязнение водных объектов, социально-гигиенический мониторинг, факторы риска.

Проблема возрастающего и практически неконтролируемого присутствия остатков лекарственных средств и их метаболитов в окружающей среде, куда они попадают вследствие физиологической экскреции людей и животных, в течение последних десятилетий привлекает внимание многих исследователей, однако до

настоящего времени остается малоисследованной [2, 7, 11]. Несомненно, одним из наиболее значимых параметров, характеризующих гигиеническую и экологическую безопасность среды обитания населения и окружающей природной среды в целом, является качество природных вод [9, 12]. Как существенная проблема при этом рассматривается загрязнение водных объектов ксенобиотиками – чуждыми для всего живого химическими соединениями антропогенного происхождения, обладающими биологической активностью. В последнее время среди ксенобиотиков особое значение приобретает интенсивно увеличивающийся ассортимент фармацевтических препаратов, а также их производных как поллютантов, привносящих существенный и прогрессивно возрастающий вклад в загрязнение водной среды. Доказана возможность их негативного влияния при попадании их со сточными водами в водные объекты не только на гидробиоту, но на здоровье населения, что определяет высокую актуальность разработки научных, научно-технологических и научно-организационных принципов деятельности по контролю и снижению содержания данных ксенобиотиков в природной и питьевой воде [1, 8, 11]. Значительные методологические трудности, финансовые и материальные затраты при осуществлении лабораторных исследований содержания лекарственных препаратов и их метаболитов в водных объектах при ведении социально-гигиенического и экологического мониторинга определяют актуальность разработки и внедрения новых альтернативных методов, в частности, унифицированных информационно-аналитических технологий и моделирования в целях оценки и прогнозирования ситуации [9, 10].

Цель исследования – оценить масштаб и структуру загрязнения водных объектов биологически активными ксенобиотиками за счет поступления лекарственных препаратов и их дериватов со сточными водами стационаров лечебно-профилактических учреждений промышленного города в условиях пандемии COVID-19.

Материалы и методы. Проведен анализ сведений об использовании в течение 2021 г. фармацевтических препаратов для терапии пациентов в стационарных отделениях трех крупных лечебно-профилактических учреждений г. Таганрога Ростовской области с населением около 250 тыс. человек. При обработке материалов использован комплекс традиционных методов вариационной статистики с применением программного обеспечения собственной разработки, а также профессионального пакета статистических программ IBM SPSS Statistics (Statistical Package for Social Science) version 19.0.

Результаты. В исследовании применены данные об использовании различных групп фармацевтических препаратов для терапии больных в стационарных отделениях трех крупных лечебно-профилактических учреждений г. Таганрога – МБУЗ «Городская больница скорой медицинской помощи», МБУЗ «Городская больница № 7» и МБУЗ «Первая городская больница», на стационарные отделения которых приходится 62,5 % суммарного городского коечного фонда. МБУЗ «Городская больница скорой медицинской помощи», где развернуто 1200 коек, относится к межтерриториальным лечебно-профилактическим учреждениям, медицинская помощь оказывается населению 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 взрослым и детям, включая реанимационную. На период пандемии COVID-19 на базе инфекци-

онных отделений (взрослого, детского и реанимационного) развернут профильный госпиталь для лечения больных новой коронавирусной инфекцией. В МБУЗ «Городская больница № 7» развернуто четыре стационарных отделения – офтальмологическое, терапевтическое, неврологическое и пульмонологическое. В настоящее время здесь развернуто обсервационное отделение для больных с подозрением на новую коронавирусную инфекцию. В структуру МБУЗ «Первая городская больница» входят неврологическое отделение и два многопрофильных терапевтических отделения, где развернуты койки терапевтического, гематологического, гастроэнтерологического, кардиологического, ревматологического и нефрологического профилей. В настоящее время в терапевтических отделениях проводится лечение больных пневмониями при отсутствии подтверждения диагноза новой коронавирусной инфекции. Сточные воды от стационарных отделений лечебно-профилактических учреждений поступают общегородскую канализационную сеть, собираются с шести перекачивающих станций и через единый коллектор диаметром 3 м поступают в очистные сооружения, расположенные в селе Дмитриадовка, рассчитанные на переработку 195 тыс. кубометров сточных вод в сутки, при фактической нагрузке 100–110 тыс. кубометров в сутки. Технология очистки сточных вод здесь предусматривает две ее стадии – механическую (последовательно на решетках в грабельном отделении, горизонтальных песколовках и первичных отстойниках) и биологическую. Биологическая очистка осуществляется в два этапа – вначале в аэротенках (4-коридорные смесители с рассредоточенным вводом сточной жидкости) и затем – в радиальных вторичных отстойниках. После биологической очистки вода поступает в 5-ступенчатый каскадный аэратор, где она дополнительно насыщается кислородом, а на первой ступени аэратора подвергается хлорированию. Весь процесс очистки от момента поступления стоков на очистные сооружения до спуска воды в Таганрогский залив Азовского моря занимает 10–12 ч.

По результатам выполненного анализа использования фармацевтических препаратов в терапии пациентов стационарных отделений в трех указанных лечебно-профилактических учреждениях в 2021 г. установлено, что из их числа приоритетными являлись антибиотики, удельный вес которых составлял 63,54 % при их суммарном расходе 250458,0 г.

Среди антибиотиков основная доля приходилась на цефтриаксон, расход которого составил 160950,0 г (первое ранговое место среди всех использованных лекарственных средств – 40,84 %). Столь значительный уровень применения цефтриаксона можно объяснить спецификой применяемых схем лечения новой коронавирусной инфекции. По данным справочника «Видаль» экскреция цефтриаксона в неизмененном виде через почки составляет 40–65 %, через желудочно-кишечный тракт – 35–60 % [3, 4]. Таким образом, в сточные воды трех вышеуказанных стационаров в течение года поступило в неизмененном виде до 96570,0–104617,5 г данного антибиотика. Ряд публикаций свидетельствует о доказанной эффективности биологической очистки сточных вод, содержащих цефтриаксон за счет его биодеструкции микроорганизмами активного ила [5, 6]. На втором ранговом месте среди антибиотиков и на третьем среди всех использованных лекарственных препаратов с долей 7,87 % находится дорипенем (31000,0 г), который практически полностью выводится через почки в неизменном виде. Третье ранговое место среди антибиотиков и шестое среди фармацевтических препаратов (4,84 %) занимал ципрофлоксацин (19088,0 г), также полностью выделяющийся через почки в неизмен-

ном виде. Затем следует цефотаксим (12000,0 г), занимающий соответственно четвертое и седьмое (3,04 %) ранговые места.

Из общей дозы поступившего в организм цефотаксима 60 % выделяется через почки в неизменном виде и 20 % – в виде биологически активных дериватов. На прочие 10 наименований использованных антибиотиков (27420 г) приходится 6,96 % от суммарного количества примененных фармацевтических препаратов. Значительная доля экскреции через почки в виде биологически активных метаболитов приходится на кларитромицин и эртапенем – соответственно 50 и 37 % (таблица, рисунок). На втором ранговом месте среди примененных в 2021 г. фармацевтических препаратов находятся нестероидные противовоспалительные средства (42502,5 г), доля которых составила 10,78 %. Среди препаратов данной группы превалирует ацетилсалициловая кислота (29379,0 г), занимающая четвертое ранговое место в структуре фармацевтических препаратов с удельным весом 7,45 %.

Использование фармацевтических препаратов в терапии пациентов стационарных отделений трех крупных лечебно-профилактических учреждений г. Таганрога в 2021 г.

Наименования фармацевтических препаратов	Использовано в терапии пациентов стационарных отделений лечебно-профилактических учреждений, г			Всего по трем лечебно-профилактическим учреждениям		
	МБУЗ «Городская больница скорой медицинской помощи»	МБУЗ «Первая городская больница»	МБУЗ «Городская больница № 7»	Использовано в терапии пациентов, г	Удельный вес в сумме использованных фармацевтических препаратов, %	Ранг
1	2	3	4	5	6	7
Антибиотики	239220,0	8628,	2610,0	250458,0	63,54	1
в том числе цефтриаксон	156000,0	2500,0	2450,0	160950,0	40,84	1
дорипенем	31000,0	–	–	31000,0	7,87	3
ципрофлоксацин	17100,0	1988,0	–	19088,0	4,84	6
цефотаксим	12000,0	–	–	12000,0	3,04	7
имипенем+циластатин	5640,0	50,0	70,0	5760,0	1,46	11
меропенем	5400,0	50,0	–	5450,0	1,38	12
кларитромицин	1200,0	3750,0	–	4950,0	1,26	13
левофлоксацин	4500,0	290,0	90,0	4880,0	1,24	14
Нестероидные противовоспалительные средства	21990,0	19276,0	1236,50	42502,5	10,78	2
в том числе ацетилсалициловая кислота	10500,0	18000,0	879,0	29379,0	7,45	4
кеторолак	5820,0	51,0	–	5871,0	1,49	10
кетопрофен	3600,0	450,0	320,0	4370,0	1,11	16
парацетамол	1440,00	700,00	–	2140,0	0,54	22
диклофенак	630,00	75,00	37,50	742,5	0,19	26
Противомикробные (противопротозойные) препараты	22176,0	425,0	150,0	22751,0	5,77	4
в том числе метронидазол	21600,0	425,0	150,0	22175,0	5,63	5

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7
Противорвотные препараты	37 200,0	650,0	–	37 850,0	9,60	3
в том числе метоклопрамид	37 200,0	650,0	–	37 850,0	9,60	2
Гемостатические препараты	11 325,0	150,00	330,00	11 805,0	3,00	5
в том числе этамзилат	7200,00	150,00	330,00	7680,00	1,95	9
транексамовая кислота	4125,00	–	–	4125,00	1,05	17
Противосудорожные препараты	160,0	11 000,0	80,0	11240,0	2,85	6
в том числе карбамазепин	160,0	11 000,0	80,0	11240,0	2,85	8

Рис. Структура фармацевтических препаратов, использованных в терапии пациентов стационарных отделений трех крупных лечебно-профилактических учреждений города Таганрога в 2021 г., %

Так как в неизменном виде через почки выделяется 60 % данного лекарственного средства, таким образом, в сточные воды поступило 17627,4 г ацетилсалициловой кислоты. Среди прочих нестероидных противовоспалительных средств относительно широко применялись кеторолак (5871,0 г / 1,49 %) и кетопрофен (4370,0 г / 1,11 %), которые преимущественно экстрагируются через почки в виде метаболитов. Несколько ниже оказалось использование парацетамола (2140,0 г) и диклофенака (742,5 г), также экстрагирующихся через почки в измененном виде. В структуре лекарственных средств третье ранговое место с удельным весом 9,60 % занимает противорвотный препарат метоклопрамид (37850,0 г), экскреция которого происходит в основном через почки в неизменном виде. Прочие противомикробные (противопротозойные) химиопрепараты в основном представлены метронидазолом

(22175,0 г), доля которого среди использованных лекарственных средств составляет 5,63 % и почти 35 % которого выводится в неизменном виде через почки. Далее следуют гемостатические препараты (этамзилат и транексамовая кислота) и противосудорожный препарат карбамазепин – соответственно 3,00 % (11805,0 г) и 2,85 % (11240,0 г). Что касается этамзилата и транексамовой кислоты, то их экскреция осуществляется через почки, причем 95–100 % в неизменном виде, а карбамазепин выводится через почки (70 %) и через желудочно-кишечный тракт (30 %) в виде биологически неактивных дериватов. Доля прочих групп примененных в стационарах фармацевтических препаратов (диуретики, спазмолитики и транквилизаторы, гормональные, антисекреторные, гиполипидемические, противоаллергенные, противоаритмические и другие средства) составляет 4,45 %.

Таким образом, проведенная оценка свидетельствует о существенной ксенобиотической нагрузке на водный объект – Таганрогский залив Азовского моря – за счет фармацевтических препаратов и их дериватов, поступающих со сточными водами от стационарных отделений трех крупных лечебно-профилактических учреждений города. Установлено, что из числа лекарственных препаратов, применявшихся для терапии больных, основную долю составляют антибиотики, нестероидные противовоспалительные и противорвотные средства, а также прочие противомикробные (противопротозойные) препараты. Данные соединения через канализационную систему могут попадать водные объекты как в неизмененном виде, так и в виде биологически активных метаболитов, что обусловливает неблагоприятные изменения ксенобиотического профиля водной среды. Полученные результаты свидетельствуют о существенной актуальности разработки принципов и методов мониторинга ксенобиотического профиля водных объектов как одного из элементов оценки риска здоровью населения, обусловленного такими биологически активными соединениями, как лекарственные препараты и их метаболиты. К перспективным направлениям дальнейших исследований следует отнести постепенное расширение масштабов учета применения фармацевтических препаратов в стационарных и амбулаторно-поликлинических подразделениях лечебно-профилактических учреждений города, а также изучение эффективности применяемой технологии очистки сточных вод от лекарственных препаратов.

Список литературы

1. Баренбойм Г.М., Чиганова М.А. Загрязнение поверхностных и сточных вод лекарственными препаратами // Вода: химия и экология. – 2012. – № 10. – С. 40–46.

2. Гетьман М.А., Наркевич И.А. Лекарственные средства в окружающей среде // Ремедиум. – 2013. – № 2. – С. 50–54.

3. Лекарственные препараты в России: справочник «Видаль». – М.: Издательство Видаль Рус, 2022. – 1120 с.

4. Машковский М.Д. Лекарственные средства. – М.: Новая волна, 2002. – 540 с.

5. Мащенко З.Е. Влияние цефтриаксона на функциональное состояние микросообществ модельных гидроэкосистем // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13, № 1 (6). – С. 1164–1466.

6. Мащенко З.Е., Шафигулин Р.В., Шаталаев И.Ф. Биодеградация цефтриаксона в процессе биологической очистки сточных вод // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13. – № 1 (8). – С. 2070–2072.

7. Никифорова В.А., Ашихин А.С. Особенности влияние фармацевтических средств на окружающую среду // Труды Братского государственного университета. Серия: естественные и инженерные науки. – 2021. – № 1. – С. 243–245.

8. Определение новых типов ксенобиотиков с лекарственной активностью в источниках водоснабжения города Москвы / В.И. Данилов-Данильян, В.В. Поройков, М.А. Чиганова [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – № 10. – С. 17–25.

9. Попова А.Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиций сохранения здоровья нации // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – № 2 (251). – С. 4–7.

10. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В., Копытенкова О.И. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга территорий крупных городов // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 4. – С. 298–301.

11. Самойленко Н.Н., Ермакович И.А. Влияние фармацевтических препаратов и их производных на окружающую среду // Вода и экология: проблемы и решения. – 2014. – № 2 (58). – С. 78–87.

12. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования / Ю.А. Рахманин, С.М. Новиков, С.Л. Авалиани [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2015. – № 2. – С. 4–11.

Выбор точек контроля электромагнитных полей радиочастотного диапазона

О.А. Молок, Т.С. Уланова, А.Л. Пономарев, А.А. Одегов

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

Увеличение количества базовых станций на территории плотной городской застройки, постоянная модернизация оборудования базовых станций приводят к увеличению объема измерений электромагнитных полей от базовых станций сотовой связи. Растет количество базовых станций, строящихся на крайне близком расстоянии от жилых многоэтажных домов. Опасность такого расположения антенн заключается в передних (фронтальных) и боковых лепестках электромагнитного излучения, которые из-за близости к домам могут оказать негативное влияние на здоровье населения. Одной из задач при проведении измерений является выбор точек контроля электромагнитных полей, создаваемых базовыми станциями сотовой связи. Рассматриваются критерии выбора точек контроля электромагнитных полей на основе визуальной оценки расположения антенн базовых станций сотовой связи. На примере обследования территории вокруг базовых станций сотовой связи, расположенных в г. Перми, определены критерии выбора точек контроля электромагнитных полей.

Ключевые слова: электромагнитные поля, базовая станция сотовой связи, визуальная оценка, точка контроля.

Современные технологии связи и передачи информации привели к широчайшему распространению источников электромагнитного поля в окружающей среде [2]. Основными источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона являются антенны базовых станций сотовой связи, которые могут располагаться на башнях, на столбах (опорах), на фасадах и на крышах зданий [1, 3]. В условиях плотной городской застройки наиболее частыми являются два типа расположения антенн: на крышах зданий и на отдельно стоящих опорах.

Антенны, расположенные на крышах зданий, могут быть направлены как на рядом расположенные здания, так и параллельно зданиям [10]. Антенны, находящиеся на опорах, чаще всего направлены параллельно жилым домам [8].

Для достоверной оценки воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона на здоровье населения наиболее целесообразным является проведение инструментальных измерений [5, 6].

Увеличение количества базовых станций сотовой связи в крупных городах привело к увеличению мест нахождения населения, где требуется контролировать электромагнитные поля радиочастотного диапазона.

Перед установкой базовой станции сотовой связи оформляется проект размещения радиоэлектронного средства с расчетами уровней электромагнитных полей. На основе расчета определяются точки контроля [7]. Наряду с этим возникают ситуации, когда данный проект недоступен, а проведение измерений необходимо. При подготовке к проведению измерений проводится выбор точек контроля [4, 9]. В этом выборе приходится ориентироваться на визуальную оценку расположения антенн базовых станций сотовой связи.

Цель исследования – определение критериев выбора точек контроля электромагнитных полей радиочастотного диапазона на основе визуальных наблюдений.

Материалы и методы. Конструктивно панельная антенна основную часть электромагнитного излучения формирует в направлении фронтальной стороны. Меньшая часть излучения приходится на боковые стороны. И совсем незначительная часть излучения приходится на тыльную сторону. В среднем опасная зона находится на расстоянии от 50 до 100 м от фронтальной стороны антенны. Угол раскрыва антенны в горизонтальной плоскости составляет в среднем 60–65º. Угол раскрыва – сектор, в котором формируется основной лепесток электромагнитного излучения в горизонтальной плоскости.

Важно отметить, что при монтаже антенны наклоняют в сторону земли, для достижения наилучшего качества связи на прилегающей к антенне территории.

Перечисленные факторы позволяют сделать вывод, что наиболее опасная зона находится на расстоянии до 100 м от антенны, в секторе 60–65º относительно направления излучения антенны, на 3–6 м (1–2 этажа) ниже уровня подвеса антенны.

Таким образом, контролю будут подлежать места нахождения населения максимально приближенные к границам опасной зоны.

Еще одним критерием, влияющим на выбор точек контроля, является наличие прямой видимости на антенны радиоэлектронных средств.

Результаты. В качестве примера можно привести места контроля электромагнитной обстановки вокруг базовых станций, расположенных в г. Перми.

Антенны базовой станции № 1 в г. Перми размещены на опоре, расположенной вблизи 25-этажного жилого дома. Жилая застройка рядом с базовой станцией представлена 25-этажным и 6-этажным жилыми домами. Азимуты максимального

излучения антенн направлены в пространство между домами. Измерения проводились на переходных лоджиях 25-этажного жилого дома. Антенны базовой станции подвешены на уровне 8-го этажа жилого дома.

По результатам измерений получены данные, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерений уровней электромагнитного излучения от базовой станции № 1, расположенной в г. Перми

№ п/п	Место проведения измерений	Уровень излучения, мкВт/см^2
1	Жилое здание № 1, 25-этажный жилой дом, 6-й этаж, переходная лоджия	От 0,96 до 2,8
2	Жилое здание № 1, 25-этажный жилой дом, 7-й этаж, переходная лоджия	От 3,81 до 4,12
3	Жилое здание № 1, 25-этажный жилой дом, 8-й этаж, переходная лоджия	От 2,91 до 2,94
4	Жилое здание № 1, 25-этажный жилой дом, 9-й этаж, переходная лоджия	0,81

Максимальные уровни электромагнитного излучения были измерены на переходной лоджии 7-го этажа жилого здания. По результатам измерений максимальные уровни излучения были зафиксированы на переходной лоджии, расположенной на один этаж ниже уровня подвеса антенн.

Антенны базовой станции № 2 в г. Перми расположены на трубостойках на крыше двухэтажного здания универсама. Жилая застройка рядом с базовой станцией представлена 9-, 14- и 15-этажными жилыми домами. Азимуты максимального излучения антенн направлены в пространство между домами. Измерения проводились на переходных лоджиях 14- и 15-этажного жилого дома. Антенны базовой станции подвешены на уровне 4–5-го этажа жилого дома.

По результатам измерений получены данные, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Результаты измерений уровней электромагнитного излучения от базовой станции № 2, расположенной в г. Перми

№ п/п	Место проведения измерений	Уровень излучения, мкВт/см^2
1	Жилое здание № 1, 15-этажный жилой дом, 3-й этаж, переходная лоджия	Менее 3
2	Жилое здание № 1, 15-этажный жилой дом, 4-й этаж, переходная лоджия	9,54
3	Жилое здание № 1, 15-этажный жилой дом, 5-й этаж, переходная лоджия	9,11
4	Жилое здание № 1, 15-этажный жилой дом, 6-й этаж, переходная лоджия	4,23
5	Жилое здание № 2, 14-этажный жилой дом, 2-й этаж, переходная лоджия	Менее 3
6	Жилое здание № 2, 14-этажный жилой дом, 3-й этаж, переходная лоджия	14,75
7	Жилое здание № 2, 14-этажный жилой дом, 4-й этаж, переходная лоджия	5,17
8	Жилое здание № 2, 14-этажный жилой дом, 5-й этаж, переходная лоджия	5,64

Максимальные уровни электромагнитного излучения были измерены на переходной лоджии 4-го этажа жилого здания № 1 и на переходной лоджии 3-го этажа жилого здания № 2. При этом следует отметить, что из-за перепада высот рельефа местности переходная лоджия 4-го этажа жилого здания № 1 и переходная лоджия 3-го этажа жилого здания № 2 находятся на одном уровне. По результатам измерений максимальные уровни излучения были зафиксированы на переходных лоджиях, расположенных на 1 этаж ниже уровня подвеса антенн.

Выводы. Критериями выбора точек контроля электромагнитных полей являются направление излучения антенны, расстояние до антенны, высота между уровнем подвеса антенны и местом контроля электромагнитного поля, наличие прямой видимости антенны с места контроля.

Список литературы

1. Андреева Е.Е. Оценка безопасности размещения базовых станций операторов сотовой связи на территории города Москвы // Здоровье населения и среда обитания. – 2015. – № 9 (270). – С. 21–24.

2. Довгуша В.В., Тихонов М.Н., Довгуша Л.В. Влияние естественных и техногенных электромагнитных полей на безопасность жизнедеятельности // Экология человека. – 2009. – № 12. – С. 3–9.

3. Звездина М.Ю., Шокова Ю.А., Шоков А.В. Социально ориентированный электромагнитный мониторинг окружающей среды // Применение инноваций при разработке радиотехнических систем: коллективная монография / под ред. М.Ю. Звездиной. – М.: Издательский дом «Академия Естествознания». – 2015. – С. 44–69.

4. Оценка влияния электромагнитного излучения на природные и селитебные экосистемы / Н.В. Цугленок, Г.А. Демиденко, Н.В. Фомина [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2014. – Т. 93, № 6. – С. 170–175.

5. Рахманин Ю.А. Актуализация проблемы обеспечения электромагнитной безопасности населения и пути ее решения // Материалы III Международного форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды / под ред. академика РАН Ю.А. Рахманина. – М., 2018. – С. 3–8.

6. Риск-ориентированная модель контроля уровней ЭМП базовых станций сотовой связи / Л.А. Луценко, А.В. Тулакин, А.М. Егорова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 11. – С. 1045–1048.

7. Рогов В.Ю. Тенденции в эволюции антенного хозяйства городов // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 44–51. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-1-44-51.

8. Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П. Основы электромагнитной экологии [Электронный ресурс]. – М.: Радио и связь. – 2000. – 240 с. – URL: https://studylib.ru/doc/2529863/spodobaev-yu.-m.-kubanov-v.-p.-osnovy-e-lektromagnitnoj (дата обращения: 02.11.2021).

9. Стаценко Л.Г., Бахвалова А.А., Жмакина И.Д. Электромагнитный фон на территории кампуса ДВФУ на о. Русский: инструментальные измерения // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2021. – Т. 48, № 3. – С. 124–132. DOI: 10.24866/2227-6858/2021-3-14

10. Mobile telecommunication base stations–Exposure to electromagnetic fields / U. Bergqvist, G. Friedrich, Y. Hamnerius [et al.] // Rep. Short Term Mission COST. – 2001. – Vol. 244. – P. 1–77.

Особенности определения кобальта в крови методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой

А.В. Недошитова, М.В. Волкова, Т.С. Уланова

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

Приведены результаты отработки методических приемов для определения кобальта в образцах цельной крови с использованием метода масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС). Приведены параметры настройки квадрупольного масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой Agilent 7900 и параметры работы прибора для подавления интерференционных наложений, обоснованы оптимальная схема подготовки образцов методом кислотного растворения при нагревании в термоблоке для снижения «матричного» эффекта, выбор оптимального элемента в качестве внутреннего стандарта. Правильность результатов подтверждена анализом образцов цельной крови SERONORM TM Whole Blood L1 и L2 с аттестованными значениями.

Ключевые слова: масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС), реакционно-столкновительная ячейка, внутренний стандарт, кобальт, кровь.

Кобальт является одним из эссенциальных микроэлементов, дефицит которых в организме приводит к нарушению нормальной жизнедеятельности [1]. Кобальт участвует в построении молекулы витамина B_{12}, фермента транскарбоксилазы, необходим для проявления активности ряда ферментов, влияет на обмен белка и синтез нуклеиновых кислот, на обмен углеводов и жиров, окислительно-восстановительные реакции в организме.

Всасывание кобальта осуществляется из пищеварительного тракта. Наблюдается взаимный антагонизм поступления кобальта и железа из сегментов тощей кишки. Кобальт концентрируется в печени, в меньшей степени – в щитовидной железе, надпочечниках, почках, лимфатических узлах и поджелудочной железе. Выведение кобальта из организма происходит с мочой. При парентеральном введении до 90 % кобальта выделяется с мочой, а остальная часть – с желчью, молоком, секретом поджелудочной железы и кишечника. Из желудочно-кишечного тракта кобальт поступает в кровь.

Токсические эффекты избытка кобальта включают гиперплазию щитовидных желёз, микседему, кардиомиопатию, полицитемию и поражение нервов [7]. В организм соединения кобальта могут поступать через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, а также через кожу [1, 2]. Токсична пыль, содержащая кобальт. Вызываемая твердыми частицами болезнь легких может протекать с синдромами затрудненного дыхания, с признаками легочного фиброза. Наиболее токсичны хорошо растворимые в воде соли кобальта, а также металлический кобальт. Токсическое действие проявляется поражением органов дыхания, кроветворения, нервной системы и органов пищеварения [3]. Установлено, что соединения кобальта могут вызвать сенсибилизацию организма, которая может быть причиной возникновения

дерматитов с характерным гиперкератозом, а также фиброз легких. Металлический кобальт, а также ряд соединений (оксид, хлорид, сульфид, ацетат и нафтенат) являются потенциальными химическими канцерогенами, и экспозиция к ним может вызвать развитие рака легких [4].

Содержание кобальта в крови, приводимое разными аналитиками по данным научной литературы и биомониторинговых отчетах, довольно сильно варьируется. Референтные уровни содержания элемента в крови по данным диагностической лаборатории ALS Scandinavia составляют < 0,022–0,255 мкг/л [5]. В монографии Н.У. Тица допустимые уровни кобальта находятся в диапазоне 0,5–3,9 мкг/л [7]. Итальянские исследователи приводят следующие цифры содержания кобальта в цельной крови: 0,05–1 мкг/л [6].

Учитывая всё вышесказанное, определение кобальта в крови является актуальной задачей, требующей отработки методических приемов количественного определения элемента.

Материалы и методы. Количественное определение кобальта в крови осуществлялось на квадрупольном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Agilent 7900 (Agilent Technologies, Япония) с октопольной реакционно-столкновительной ячейкой. Мощность генератора плазмы 1500 Вт. Для введения проб использовалась двухканальная распылительная камера Скотта. Температура распылительной камеры 2,0 °С. Расстояние от горелки до отбирающего конуса составляло для анализа образцов крови 9,0 мм. В качестве вспомогательного газа, заполняющего столкновительную ячейку, использовался гелий высокой чистоты (ТУ-0271-135-31323949). Скорость работы детектора осуществлялась ≥ 100 мкс на 1 ион. Для настройки использовали раствор ^{7}Li, ^{59}Co, ^{89}Y и ^{205}Tl в 2 % HNO_3 с концентрацией 1 мкг/л для каждого элемента (Tuning Solution, США). Соотношения $^{140}Ce^{16}O^{+}/^{140}Ce^{+}$ составляли < 1 %. Использовали жидкий аргон высокой чистоты 99,99 % (ТУ-2114-005-00204760-99). Максимальная скорость потока аргона составляла 15 л/мин, давление в канале подводки газа 600 ± 20 кПа. Автоматизация процесса проведения анализа обеспечивалась автосэмплером марки G3160B (Германия).

Подготовка проб крови осуществлялась способом кислотного растворения в пробирочном нагревателе HotBlock™ (№ 2015CECW4259, Environmental Express, New Hampshir, США). Центрифугирование проводилось с использованием центрифуги ЦЛМН–Р10–01– «Элекон» (Россия).

В качестве основного стандартного раствора использовали раствор, содержащий 27 элементов с концентрацией 10 мг/л в 5%-ном водном растворе HNO_3 (Multi-Element Calibration Standard-2A, США). Для приготовления градуировочных растворов и подготовки проб использовали особо чистую HNO_3 (Sigma – Aldrich, США). Концентрации градуировочных растворов для определения Co составляли 0,0; 0,1; 0,5; 1,0; 5,0 мкг/л. Для приготовления растворов внутреннего стандарта (ВС) использовали комплексный стандартный раствор ^{209}Bi, ^{72}Ge, ^{115}In, ^{6}Li, ^{45}Sc, ^{159}Tb, ^{89}Y с концентрацией 10 мг/л в 5%-ном водном растворе HNO_3 (Internal Standard Mix, США). Все растворы разбавляли деионизированной водой с удельным сопротивлением 18,2 МОм·см, очищенной в системе Milli-Q Integral (Millipore SAS, Франция). Для проверки правильности результатов анализа крови и степени извлечения кобальта использовали стандартные образцы SERONORM ™ Whole Blood L1, L2 (Sero AS, Норвегия).

Результаты. С аналитической точки зрения, биологические жидкости являются сложными объектами анализа по причине очень малых содержаний большинства определяемых микроэлементов и вследствие их сложного матричного состава. Более того при анализе биологических сред сложного состава возникают интерференционные влияния (полиатомные наложения). Вместе с тем такие помехи могут быть устранены или нивелированы с помощью столкновительной обработки экстрагируемой плазмы. Для этого необходимо установить оптимальную скорость потока газа, заполняющего столкновительную ячейку. Как правило, скорость газа-реактанта устанавливают по наиболее значимым наложениям. Оптимальное подавление мешающего влияния без потери чувствительности при определении кобальта происходило при скорости потока гелия 4,2 мл/мин.

Для повышения точности анализа в стандартные образцы вводят элементы внутреннего сравнения или внутренний стандарт (ВС). При обосновании использования внутренних стандартов (ВС) учитывали потенциалы ионизации и атомные массы определяемого элемента. При выборе ВС необходимо соблюдать правило: атомная масса ВС должна быть как можно ближе к атомной массе определяемых элементов, причем чем меньше атомная масса определяемого элемента, тем более строго должно выполняться это требование [5]. Для определения ^{59}Co по массе более подходящим является ^{72}Ge.

Для разложения образцов крови использовали кислотное растворение при повышенной температуре. При кислотной минерализации к пробе крови объемом 0,1 мл добавляли 0,1 мл комплексного раствора ВС и 0,2 мл концентрированной HNO_3. Пробирку с содержимым взбалтывали и оставляли на несколько часов до гомогенизации при температуре 70 °С. Затем доводили содержимое пробирки до 10 мл деионизованной водой и центрифугировали 10 мин со скоростью 2700–3000 об/мин на центрифуге.

Для контроля результатов анализа использовали стандартные образцы крови SERONORM L1 и L2. Содержание кобальта в контрольных образцах находится на уровне референтных значений, приводимых в данных научной литературы. Результаты определения кобальта в стандартных образцах крови SERONORM уровня L1 (n = 19) и уровня L2 (n = 19) приведены в таблице.

Содержание кобальта в стандартных образцах крови SERONORM L1 и L2

L1, аттестовано 0,16 мкг/л		L2, аттестовано 5,8 мкг/л	
найдено	% извлечения	найдено	% извлечения
0,15	90,63	5,76	99,22
0,16	100,00	5,90	101,64
0,17	103,13	5,99	103,19
0,17	106,25	5,99	103,19
0,16	100,00	5,59	96,38
0,15	94,06	5,68	98,01
0,19	121,56	6,10	105,25
0,18	115,31	5,89	101,61
0,17	107,50	5,59	96,40
0,17	107,50	5,67	97,76
0,15	95,00	5,64	97,21
0,15	96,25	5,73	98,74

Окончание таблицы

L1, аттестовано 0,16 мкг/л		L2, аттестовано 5,8 мкг/л	
найдено	% извлечения	найдено	% извлечения
0,16	101,25	5,52	95,24
0,19	119,06	5,65	97,49
0,14	90,00	5,52	95,13
0,18	111,88	5,72	98,66
0,16	102,81	5,40	93,03
0,18	111,88	5,40	93,06
0,17	106,25	5,85	100,86

По результатам проведенного исследования содержания кобальта в стандартных образцах крови уровня L1 степень извлечения составила 90,63–121,56 %, для уровня L2 – 93,06–105,25 %.

Таким образом, отработанные методические приемы могут быть использованы для количественного определения содержания кобальта в цельной крови для оценки риска здоровью населения и проведения биомониторинговых исследований.

Выводы. Выявлены методические особенности определения кобальта в крови методом ИСП-МС, обоснованы параметры подготовки проб, выбор внутреннего стандарта, параметры настройки чувствительности масс-спектрометра, оптимальные параметры реакционного режима работы прибора с октопольной столкновительной ячейкой для минимизации матричного эффекта и интерференционных наложений.

Список литературы

1. Ершов Ю.А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. – М., 2005. – 560 с.

2. Слесарев В.И. Основы химии живого. – СПб., 2001. – 782 с.

3. Элленхорн М.Дж. Медицинская токсикология: диагностика и лечение отравлений у человека: в 2 т. – М.: Медицина, 2003. – Т. 2. – 1044 с.

4. A tiered approach to investigate the inhalation toxicity of cobalt substances. Introduction: Cobalt's essential role in nature and technology / R. Danzeisen, D. Weight, M. Blakeney, D. Boyle // Regulatory Toxicology and Pharmacology. – 2022. – Vol. 130. DOI: 10.1016/j.yrtph.2022.105125

5. Reference data. Trace Elements in human biological material. 2014 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.alsglobal.se (дата обращения: 02.03.2022).

6. SIVR LIST Italy SIVR circuit laboratory or literature valuation: 5–95th of reference values in blood of Italian population. – 2005.

7. Tietz clinical guide to laboratory tests. – USA: W.B. Saunders Compani. – 2006.

Токсиколого-гигиеническая оценка вытяжек из образца полилактидной пленки с использованием тест-объекта *Tetrahymena Pyriformis*

Т.С. Осипова, Е.В. Федоренко, Е.В. Дроздова, А.М. Бондарук, Т.Н. Свинтилова

РУП «Научно-практический центр гигиены»,
г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время полилактиды признаны наиболее перспективной альтернативой синтетическим полимерам, так как представляют собой продукт конденсации молочной кислоты, получаемый в результате ферментации из возобновляемых растительных источников. Создание и использование таких биополимеров способствует переходу на модели экономики замкнутого цикла, являющейся важным приоритетом в экономическом развитии государства. Еще одним преимуществом полилактида является легкость его переработки без ущерба для окружающей среды. Однако чистый биополимер имеет ряд недостатков, таких как хрупкость и газопроницаемость, что нивелируется путем применения специальных синтетических добавок, наполнителей либо посредством сополимеризации с другими полимерами. В результате изделия из таких материалов, используемые для контакта с пищевой продукцией, могут являться источниками разнообразных химических соединений, способных мигрировать в контактирующие с ним среды и, поступая с рационом, оказывать неблагоприятное воздействие на организм. Таким образом, непосредственное взаимодействие вытяжек из исследуемого образца полилактида с живым организмом позволит оценить комплексное действие мигрировавших потенциальных токсикантов. Лабораторная популяция одноклеточных организмов *Tetrahymena pyriformis* имеет ряд преимуществ в силу близости к теплокровным животным по потребности в пищевых веществах и характеру их метаболизма, а так же ее изученности. Проведена токсиколого-гигиеническая оценка водных вытяжек из образца полилактидной пленки с использованием тест-объекта *Tetrahymena pyriformis*. По результатам проведенных экспериментов можно сделать вывод об отсутствии вредного воздействия исследуемых вытяжек на популяцию одноклеточных организмов. Визуальная оценка состояния популяции *Tetrahymena pyriformis*, культивируемой в средах, содержащих исследуемые водные вытяжки, не обнаружила каких-либо видимых морфологических и функциональных изменений по сравнению с контролем. Возросший до 42 % по отношению к контролю адаптационный потенциал свидетельствовал о присутствии в исследованных вытяжках органических соединений (например, олигомеров молочной кислоты или лактатов), обладающих стимулирующим действием на генеративную функцию популяции.

Ключевые слова: материалы, контактирующие с пищевой продукцией, упаковка, безопасность, полимерные материалы, полилактиды, *Tetrahymena pyriformis*.

Ежегодно в мире производится около 140 млн т синтетических полимеров из нефтепродуктов, и значительное их количество попадает в экосистему в виде твердых бытовых отходов. Проблемы, связанные с ухудшением экологии, сокращением запасов нефти и глобальным потеплением, стимулируют промышленность к поиску новых, биоразлагаемых материалов, способных заменить синтетические полимеры [4]. Изделия на биологической основе выступают фундаментальной концепцией

экономики замкнутого цикла (циркулярной экономики), являющейся важным приоритетом в экономическом развитии государства. Один из перспективных биоразлагаемых материалов для изготовления упаковки – полимолочная кислота (PLA – polylactic acid) – продукт конденсации молочной кислоты, получаемый в результате ферментации из возобновляемых растительных источников, таких как рис, пшеница, кукуруза, картофель, свекла [3]. Однако чистый полилактид имеет ряд недостатков, таких как хрупкость и газопроницаемость, что нивелируется путем применения специальных синтетических добавок, наполнителей либо посредством сополимеризации с другими полимерами [2]. В результате изделия из таких материалов, используемые для контакта с пищевой продукцией, могут явиться источником разнообразных химических соединений, способных мигрировать в контактирующие с ним среды и, поступая с рационом, оказывать неблагоприятное воздействие на организм человека. Таким образом, именно непосредственное взаимодействие вытяжки из исследуемого образца полилактида с живым организмом позволит оценить комплексное действие мигрировавших потенциальных токсикантов. Лабораторная популяция одноклеточных организмов *Tetrahymena pyriformis* (далее – *T. pyriformis*) имеет ряд преимуществ в силу близости к теплокровным животным по потребности в пищевых веществах и характеру их метаболизма, а также ее изученности. Обладая высокой скоростью роста, *T. pyriformis* позволяет получить за относительно непродолжительное время высокодостоверную информацию на клеточном, организменном и популяционном уровнях [1].

Цель исследования – проведение токсиколого-гигиенической оценки водных вытяжек из образца полилактидной пленки с использованием тест-объекта *T. pyriformis*.

Материалы и методы. Объекты исследования: водные вытяжки из образца полилактидной пленки (PLA). Экспериментальный образец полилактидной пленки был предоставлен ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси». Для получения образца использовали промышленный полилактид марки 4043D фирмы Nature Works LLC (США).

Токсиколого-гигиеническая оценка водных вытяжек осуществлялись согласно инструкции по гигиенической экспресс-оценке химических веществ, многокомпонентных смесей и полимерных материалов на *T. pyriformis*, утв. ГГСВ 11.07.2002. рег. № 20-0102.

Принцип методов исследований на *T. pyriformis* заключался в анализе характера роста популяции в среде культивирования, содержащей вытяжки из исследуемого объекта. Токсиколого-гигиеническая оценка производилась исходя из анализа выживаемости тест-объекта в остром и подостром экспериментах и скорости роста в хроническом эксперименте. В хроническом эксперименте исследовали безвредность с использованием коэффициента адаптогенности ($K_{ад}$) – интегрального показателя, являющегося числовым выражением ответной реакции организма на действие объекта исследования.

Полученные экспериментальные данные обрабатывались статистически с определением средней арифметической каждого вариационного ряда, среднеквадратичного отклонения, стандартной ошибки, коэффициента вариации и установления степени вероятности нулевой гипотезы по сравнению с контролем путем вычисления критерия Стьюдента – Фишера (t). При уровне значимости $p < 0{,}05$ различие средних арифметических сравниваемых рядов считали статистически достоверными. Стати-

стическая обработка данных осуществлялась с использованием программ Excel и Statistica, версия 13.3.

Для работы использовали лабораторную культуру *T. pyriformis* в стационарной фазе роста, поддерживаемой в стандартной питательной среде при 25 °С. Длительность острого эксперимента составляла 3,5 ч, подострого – 24 ч. Для проведения эксперимента готовили исходную вытяжку из исследуемого образца на дистиллированной воде при соотношении площади образца к объему модельной среды 20 см^2 к 1 см^3, и серию разведений к ней (табл. 1). По 1 мл вытяжки каждой концентрации вносили в десятимиллилитровые флакончики, и далее в каждую пробу добавляли инокулят инфузорий в стационарной фазе роста (100 тыс. организмов) и инкубировали при 25 °С соответственно длительности эксперимента. По истечении срока инкубации под микроскопом в нативном препарате отмечали состояние организмов: наличие погибших, характер морфологических (форма, размер, структурные изменения) и функциональных (подвижность, характер движения, распределение в капле), и при наличии наблюдали картину интоксикации. В счетной камере Фукса – Розенталя подсчитывали общее число инфузорий после фиксации 5%-ным раствором йода.

Таблица 1

Подготовка проб для определения острой и подострой токсичности вытяжек на *T. pyriformis*

Разведения исходной вытяжки	Соотношение, см^2 : см^3	Исходная вытяжка, мл	Дистиллированная вода, мл
1:0	20	1	0
1:1	10	0,5	0,5
1:3	5	0,25	0,75
1:9	2	0,1	0,9
Контроль	–	0	1

По результатам серии экспериментов по изучению острой и подострой токсичности исследуемые концентрации вытяжек из образца полилактидной пленки не оказали токсического действия на *T. pyriformis*: численность популяции была на уровне либо выше уровня контрольных проб (рис. 1, 2). Визуальный анализ состояния популяции *T. pyriformis* не выявили наличия морфофункциональных изменений особей и гибели простейших.

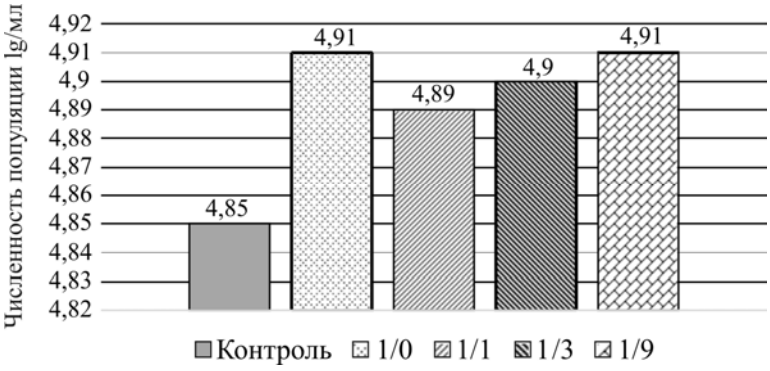


Рис. 1. Численность популяция *T. pyriformis* в остром эксперименте

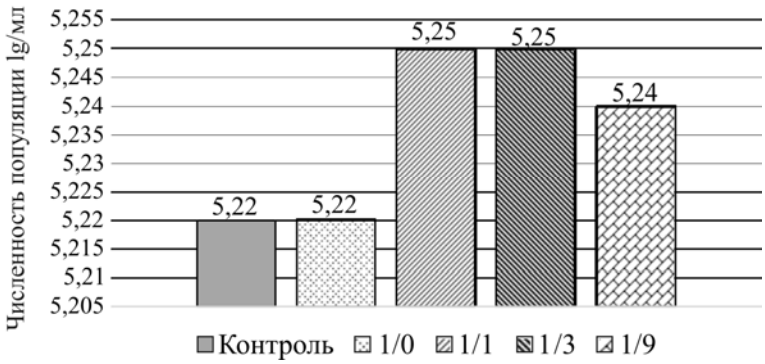


Рис. 2. Численность популяция *T. pyriformis* в подостром эксперименте

Таким образом, по результатам острого и подострого экспериментов можно сделать вывод об отсутствии вредного воздействия исследуемых вытяжек на популяцию одноклеточных организмов.

При проведении хронического эксперимента на *T. pyriformis* рабочие растворы готовили на концентрированной питательной среде, разведения которой исследуемыми концентрациями вытяжек обеспечивали популяцию одноклеточных организмов необходимыми питательными веществами на протяжении их жизненного цикла. Приготовления исследуемых проб водных вытяжек представлены в табл. 2.

Таблица 2

Подготовка проб для проведения хронического эксперимента на *T. pyriformis*

Разведение исходной вытяжки	Соотношение, см² : см³	Исходная вытяжка, мл	Дистиллированная вода, мл	Концетрированная среда, мл
1:0	20	9	0	1
1:1	10	4,5	4,5	1
1:3	5	2,25	6,75	1
1:6	3	1,26	7,74	1
1:9	2	0,9	8,1	1
Контроль	–	0	9	1

Растворы вытяжек исследуемого объекта и стерильная среда культивирования разливались общим объемом по 10 мл в стерильные колбочки на 50 мл с ватно-марлевыми пробками. Каждая концентрация исследовалась в трех повторностях. В каждую пробу вносили по 20 тыс. инфузорий трехсуточной культуры *T. pyriformis* (2000 инфузорий/мл). Пробы в течение 96 ч выдерживали в термостате при температуре 25 ºС. Анализ и оценка результата осуществляются на этапах интерфазной активности *T. pyriformis* через 24, 48, 72 и 96 ч.

Визуальная оценка состояния популяции *T. pyriformis*, культивируемой в среде, содержащей исследуемые разведения вытяжек, не обнаружила каких-либо видимых морфологических и функциональных нарушений инфузорий по сравнению с контролем.

Анализ численности популяции *T. pyriformis*, культивируемой в средах на основе разведений вытяжек из полилактидной пленки, выявил стимуляцию генера-

тивной функции инфузорий на этапах всего жиизненного цикла, причем к 48 ч инкубации отмечаласть максимальная численность популяции (до 162 %) по отношению к контрольному уровню ($p > 0{,}05$). Результаты исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3

Изменение численности популяции *T. pyriformis*, культивируемой в среде, содержащей водные вытяжки из образца полилактидной пленки

Разведения вытяжек (соотношение S/ V)	Время экспозиции, ч			
	24	48	72	96
Численность популяции, lg/мл				
0 (контроль)	16500 ± 363 (4,22)	65500 ± 440 (4,82)	168500 ± 8819 (5,23)	231000 ± 881 (5,36)
1:0 (20 см^2/см^3)	19000 ± 440* (4,2)	106500 ± 1691* (5,03)	271000 ± 13691* (5,43)	300500 ± 15645* (5,48)
1:1 (10 см^2/см^3)	19000 ± 433* (4,28)	96500 ± 7779* (4,98)	231500 ± 14768* (5,36)	283000 ± 8875* (5,45)
1:6 (3 см^2/см^3)	18500 ± 577* (4,27)	95500 ± 4769* (4,98)	223000 ± 11095* (5,35)	273000 ± 14000* (5,44)
1:9 (2 см^2/см^3)	18000 ± 440* (4,26)	93000 ± 3468* (4,97)	221000 ± 577* (5,34)	270000 ± 10588* (5,43)
Численность популяции в % к контролю				
0 (контроль)	100 ± 2	100 ± 0,1	100 ± 5	100 ± 0,4
1:0 (20 см^2/см^3)	117 ± 3*	162 ± 3*	161 ± 8*	130 ± 7*
1:1 (10 см^2/см^3)	115 ± 3*	147 ± 12*	137 ± 9*	122 ± 4*
1:6 (3 см^2/см^3)	111 ± 3*	142 ± 5*	131 ± 0,3*	117 ± 5*
1:9 (2 см^2/см^3)	108 ± 1*	117 ± 0,7*	126 ± 4*	107 ± 2*

Примечание: * – статистически достоверные изменения по отношению к контролю при $p < 0{,}05$.

При количественной оценке адаптационного потенциала популяции (рис. 3) под влиянием исследуемых разведений водных вытяжек из исследуемого образца, на протяжении жизненного цикла популяции одноклеточных организмов отмечалось увеличение $K_{ад}$ ($p > 0{,}05$). Причем в исходной вытяжке из полилактида $K_{ад}$ составлял 142 % по отношению к контролю, а по мере увеличения разведения вытяжек его значение приближалось к контрольному уровню.

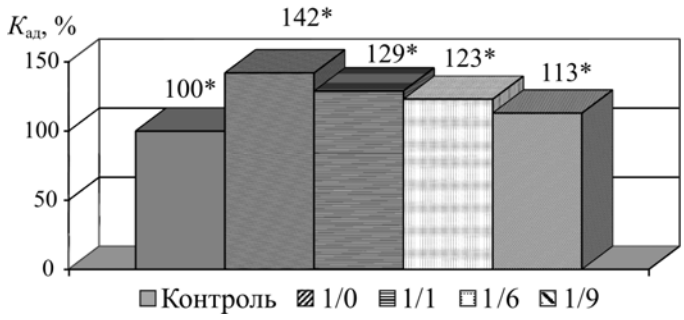


Рис. 3. Адаптация *T. pyriformis* к воздействию исследуемых разведений водных вытяжек

Выводы. По результатам проведенных исследований водные вытяжки из образцов материалов на основе полилактида не оказали вредного действия на популяцию *T. pyriformis*. Возросший адаптационный потенциал свидетельствует о присутствии в исследованных вытяжках органических соединнений (например, олигомеры молочной кислоты, лактаты), обладающих стимулирующим действием на генеративную функцию популяции. Указанное необходимо учитывать при обосновании области применения полилактидов в части возможности упаковывания скоропортящейся пищевой продукции и ее дальнейшей хранимоспособности.

Список литературы

1. Оценка безвредности биологически активных добавок к пище растительного происхождения в исследованиях на Tetrahymena Pyriformis / Л.Н. Журихина [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. – Вып. 29. – Минск: РИВШ, 2019. – С. 67–74.

2. Environmental impact of food packaging materials: A review of contemporary development from conventional plastics to polylactic acid based materials / L.K. Ncube [et al.] // Materials (Basel). – 2020. – Vol. 13, № 21. – P. 4994.

3. Poly Lactic Acid (PLA) Nanocomposites: Effect of Inorganic Nanoparticles Reinforcement on Its Performance and Food Packaging Applications / M.Z. Mulla [et al.] // Molecules. – 2021. – Vol. 26, № 7. – P. 1967.

4. Stefaniak K., Masek A. Green Copolymers Based on Poly (Lactic Acid) – Short Review // Materials (Basel). – 2021. – Vol. 14, № 18. – P. 5254.

Некоторые итоги реализации федерального проекта «Чистый воздух» на территории г. Новокузнецка

Е.В. Парамонова[1], А.В. Бачина[2], Л.А. Глебова[2], О.Н. Брагина[1], Т.В. Симонова[2]

[1]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области – Кузбассу,
[2]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области – Кузбассе» Роспотребнадзора,
г. Кемерово, Россия

Выполняемые природоохранные мероприятия предприятиями дают положительную динамику по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух по уменьшению среднегодовых концентраций ряда загрязняющих веществ. Однако уровни рисков воздействия на некоторые критические органы и системы остаются высокими, что свиде-

тельствует о возникновении неблагоприятных эффектах со стороны здоровья населения г. Новокузнецка.

Ключевые слова: комплексный план, оценка риска, социально-гигиенический мониторинг, индексы неканцерогенной опасности.

Реализация федерального проекта «Чистый воздух» предусматривает в качестве одного из ключевых социально значимых результатов максимальное сокращение аэрогенного риска для здоровья населения в результате достижения целевых значений показателей снижения совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (до 20 % к уровню 2017 г.) и улучшения качества атмосферного воздуха до уровня, исключающего «очень высокое» и «высокое» загрязнение в городах – участниках федерального проекта [2, 3, 5].

В рамках национального проекта «Экология» федерального проекта «Чистый воздух» г. Новокузнецк включен в список приоритетных территорий, на которых проблемы загрязнения воздуха и потенциальных рисков здоровью жителей стоят наиболее остро. Город Новокузнецк с численностью населения (552 105 человек) является одним из крупных индустриальных городов Кузбасса с преимущественно развитой металлургической (черной, цветной) промышленностью и относится к моногородам со стабильной социально-экономической ситуацией [1].

Вместе с тем реальное повышение качества атмосферного воздуха на территории зависит не только от снижаемой общей массы выброса и пространственного расположения источников выбросов, параметров выбросов, но и от компонентного состава сокращаемых выбросов. Важно не просто снижение уровня содержания того или иного компонента (вещества) в воздухе, а показатель состояния здоровья, ассоциированный с этим уровнем [9]. Также важной задачей федерального проекта «Чистый воздух» является возможность инициировать промышленные предприятия к разработке комплексных планов по реализации воздухоохранных мероприятий с учетом выбросов приоритетных компонентов представляющих наибольшие риски жизни и здоровью горожан, связанных с аэрогенными факторами внешней среды [6–8].

Цель исследования – оценка промежуточных результатов на 2021 г. по реализации федерального проекта с учетом состояния санитарно-эпидемиологического благополучия населения г. Новокузнецка, связанного с загрязнением атмосферного воздуха.

Материалы и методы. В качестве материалов исследования были использованы сведения об объемах выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, полученные из томов «Атмосфера. Предельно допустимые выбросы вредных веществ» по предприятиям, включенным в комплексный план федерального проекта «Чистый воздух». Оценка динамики выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух проведена по данным «Доклада о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области» Департамента природных ресурсов и экологии Кемеровской области за период 2017–2020 гг. Оценка качества атмосферного воздуха проведена по данным наблюдений на маршрутных постах ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области – Кузбассе» за период 2020–2021 гг.

Оценка риска здоровью населения проводилась в соответствии с методологией оценки риска здоровью при воздействии химических веществ (Р 2.1.10.1920-04). Для проведения анализа санитарно-эпидемиологической ситуации, характеризую-

щей качество атмосферного воздуха и его влияние на здоровье населения, обоснования мероприятий по снижению выбросов и формирования актуализированной межведомственной мониторинговой лабораторной сети использовались методические подходы, методики и алгоритмы, предложенные научно-исследовательскими учреждениями Роспотребнадзора, в том числе в рамках методического обеспечения федерального проекта «Чистый воздух» (МР 2.1.6.0156-19 «Оценка качества атмосферного воздуха и анализ риска здоровью населения в целях принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия населения» [4]; МР 2.1.6.0157-19 «Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха и количественная оценка экспозиции населения для задач социально-гигиенического мониторинга»).

Результаты. С 2018 г. на территории г. Новокузнецка реализуется федеральный проект «Чистый воздух» национального проекта «Экология». Он направлен на кардинальное снижение выбросов загрязняющих веществ, в том числе опасных, в атмосферный воздух.

Город Новокузнецк входит в число наиболее значимых промышленных центров страны и имеет выраженную специализацию – металлургическое производство, добыча угля, промышленное и гражданское строительство. В промышленный комплекс г. Новокузнецка входят металлургический комбинат полного цикла, заводы черной и цветной металлургии, предприятия угольной, строительной и пищевой промышленности, угольные шахты, три теплоэлектростанции. В городе сосредоточено значительное количество источников поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух на сравнительно небольшой территории. Предприятия тяжелых отраслей промышленности характеризуются недостаточным финансовым обеспечением атмосфероохранной деятельности, применяют старые технологии производства, их воздухоочистное оборудование характеризуется низкой степенью эффективности газоочистки. Такая концентрация промышленных предприятий, состояние их технологического и очистного оборудования создают напряженную экологическую ситуацию. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Новокузнецке оценивался как «очень высокий».

В Комплексном плане мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в рамках нацпроекта «Экология» до 2024 г. в Новокузнецке предусмотрены ряд мероприятий, в том числе: снижение выбросов загрязняющих веществ от промышленных предприятий, направленных на внедрение новых технологических решений с использованием наилучших технологий и современных пылегазовых сооружений; мониторинг состояния (загрязнения) атмосферного воздуха, в том числе модернизации и реконструкции существующей наблюдательной сети за состоянием атмосферного воздуха; расширение проведения социально-гигиенического мониторинга; повышение автоматизации собираемых данных; переоснащение лабораторной базы подведомственных Росгидромету и Роспотребнадзору лабораторий. В результате к 2024 г. планируется снизить объем выбросов в атмосферу города на 77,07 тыс. т, или на 21,51 %, к уровню 2017 г.

Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха г. Новокузнецка вносят крупные промышленные предприятия. В отношении промышленных объектов, загрязняющих атмосферный воздух, была проведена идентификация опасности и получены суммарные нормированные коэффициенты опасности для каждого предпри-

ятия. Ранжирование по данному коэффициенту позволило выделить четыре ведущих предприятий с большим отрывом от остальных объектов по степени влияния на здоровье населения (АО «ЕВРАЗ ЗСМК», АО «РУСАЛ Новокузнецкий алюминиевый завод», АО «Кузнецкие ферросплавы», АО «Кузнецкая ТЭЦ»). Вышеуказанные предприятия включены в Комплексный план по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в рамках нацпроекта «Экология» до 2024 г.

По предприятиям, включенных в Комплексный план, проведена инвентаризация источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, на основании которой разработаны проекты «Атмосфера. Предельно допустимые выбросы вредных веществ» с планами по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух до 2024 г. Специалистами Роспотребнадзора совместно с Росприроднадзором проведен анализ природоохранных мероприятий, анализ снижение валового выброса, оценка индекса сравнительной канцерогенной и неканцерогенной опасности, что позволило разработать Комплексный план по снижению выбросов приоритетных загрязняющих веществ, в том числе веществ первого и второго класса опасности и обладающих канцерогенными свойствами. Следует отметить, что при инвентаризации источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух предприятиями не включены источники, выделяющие взвешенные частицы PM_{10} и $PM_{2.5}$.

По материалам ежегодных публикаций «Доклада о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области» Департамента природных ресурсов и экологии Кемеровской области за период 2017–2020 гг. масса выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников снизилась на 35,803 т, или на 11,4 %. Снижение выбросов наблюдается по твердым веществам на 9,652 т, или на 26,7 %, жидким газообразным веществам на 26,151 т, или 9,4 %, в том числе серы диоксида – на 12,452 т или 22,2 %, углерода оксида на 15,501 т, или на 7,9 %, азота диоксида на 3,157 т, или 17,8 %.

С целью оптимизации социально-гигиенического мониторинга в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» пересмотрена программа наблюдения на маршрутных постах ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области-Кузбассе». Для обоснования программы социально-гигиенического мониторинга и оценки влияния выбросов загрязняющих веществ на здоровье населения, проживающего в зоне влияние предприятия, определены индикаторные примеси, характерные для технологического процесса конкретного производства и формирующие потенциальный риск причинения вреда здоровью населения.

Так, при оценке обобщенных выбросов промышленных предприятий города, включенных в комплексный план, установлено, что в атмосферный воздух поступает 73 загрязняющих вещества. При ранжировании по валовым выбросам, установлено, что наибольший вклад в суммарные выбросы вносит углерода оксид – 67,08 %. Далее следуют серы диоксид – 15,55 %, азота диоксид – 3,72 %, зола углей – 3,65 %, взвешенные вещества – 3,31 %, пыль неорганическая: < 20 % SiO_2 – 2,14 %. Данные вещества определяют 95,45 % вклада в суммарный валовый выброс.

На основании ранжирования загрязняющих веществ по индексу сравнительной неканцерогенной опасности установлено, что наибольшую потенциальную угрозу для населения представляют выбросы серы диоксида – 33,11 % (удельный вес в суммарном индексе опасности атмосферных примесей); далее следуют: марганец и его соединения – 8,31 %, азота диоксид – 7,93 %, зола углей – 7,77 %, взвешенные

вещества – 7,05 %, гидроцианид – 4,75 %, фториды неорганические плохо растворимые – 4,65 %, пыль неорганическая: < 20 % SiO_2 – 4,56 %, водорода фторид – 3,15 %, пыль неорганическая > 70 % SiO_2 – 2,82 %, азота оксид – 1,97 %.

В перечень показателей для контроля на маршрутных постах ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области – Кузбассе», характеризующих качество атмосферного воздуха города, в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» и оптимизации социально-гигиенического мониторинга включены общие вещества: взвешенные вещества, азота диоксид, углерода оксид, серы диоксид, сажа, формальдегид, фенол и специфические индикаторные вещества: сероводород, водород фторид, бенз(а)пирен, гидроцианид, марганец и его соединения, алюминий оксид, нафталин, бензол. Кроме того, в рамках социально-гигиенического мониторинга дополнительно включили в программу контроля качества атмосферного воздуха наблюдение за мелкодисперсными фракциями взвешенных веществ $PM_{2.5}$ и PM_{10}.

В соответствие с разделом 4 «Алгоритм (порядок) формирования программ наблюдения за атмосферным воздухом для СГМ при отсутствии сводных баз данных о параметрах источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух» МР 2.1.6.0157-19 «Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха и количественная оценка экспозиции населения для задач социально-гигиенического мониторинга» для каждого предприятия г. Новокузнецка рассчитан нормированный коэффициент канцерогенной и неканцерогенной опасности. На основании результатов пространственного распределения суммарного коэффициента опасности, формируемого выбросами промышленных предприятий города, подтвердили, что сеть точек наблюдения за уровнем загрязнения атмосферного воздуха на маршрутных постах (Роспотребнадзора) и стационарных постах (Росгидромета) расположены относительно зоны влияния предприятий.

Дополнительно проведена оценка взаимного расположения маршрутных и стационарных постов, перечня контролируемых веществ. Для увеличения зоны охвата населения контролем качества атмосферного воздуха были изменены расположения трех маршрутных постов (удалены от постов Росгидромета на 2 км и более). В связи с этим охват населения контролем качества атмосферного воздуха в городе составил 95 %. Пересмотрены показатели, контролируемые на маршрутных постах Роспотребнадзора, с целью исключения дублирования их показателями, контролируемыми на стационарных постах Росгидромета.

В рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» и обеспечения контроля качества атмосферного воздуха, позволяющего оценить эффективность проводимых мероприятий, согласно комплексному плану по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Новокузнецке, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области – Кузбассе» в 2020 г. приобретено 17 единиц современного оборудования, в том числе атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно связанной плазмой, жидкостный хроматограф с флуориметрическим и спектрофотометрическим детекторами, газоанализатор переносных ГАНК-4.

В 2020 г. отбор проб на маршрутных постах ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области – Кузбассе» проводился по сокращенной программе (не менее 300 проб каждого вещества). После модернизации ИЛЦ современным оборудованием в 2021 г. организован отбор проб по полной программе (дискретно через равные промежутки времени не менее четырех раз с обязательным отбором в 1,

7, 13, 19 ч по местному декретному времени) с получением среднесуточной концентрации (300 разовых проб, или 75 среднесуточной концентрации каждого вещества).

В 2020 и 2021 гг. на маршрутных постах города отобрано по 16 200 разовых проб, из них с превышением предельно допустимой концентрации максимально разовой ($ПДК_{мр}$) – 215 (1,33 %) и 127 (0,78 %) соответственно. В 2021 г. по сравнению с 2020 г. наблюдается снижение удельного веса проб атмосферного воздуха, не соответствующих гигиеническим нормативам, в 1,7 раза. Кроме того, наблюдается снижение концентраций (максимальной, среднегодовой) содержания ряда веществ в атмосферном воздухе.

Результаты наблюдения за качеством атмосферного воздуха свидетельствуют, что максимальная концентрация превышала $ПДК_{мр}$ в 2020 г. и 2021 г. соответственно по взвешенным веществам в 4,36 и 1,47 раза, взвешенным частицам $PM_{2.5}$ – в 3,0 и 3,13 раза, взвешенным частицам PM_{10} – в 3,22 и 2,17 раза, сероводороду – в 1,14 и 3,38 раза, саже – в 1,27 и 1,11 раза, углерода оксиду – в 1,67 и 1,24 раза.

Средняя концентрация за анализируемый период превышала $ПДК_{сс}$ по: бенз(а)пирену – в 1,7 и 1,33 раза, взвешенным частицам $PM_{2.5}$ – в 2,3 и 2,02 раза, взвешенным частицам PM_{10} – в 1,6 и 1,37 раза. Следует обратить внимание, что в течение года наблюдалось превышение $ПДК_{сс}$ по содержанию азота диоксида (1,67 %) из числа исследуемых проб по данному веществу), бензола (1,33 %), серы диоксида (0,89 %) формальдегида (4,67 %). По полученным результатам даже на основании рекогносцированных экспертных оценок можем прогнозировать высокий риск формирования нарушений здоровья жителей города. Потенциально поражаемыми при установленных уровнях воздействия являются органы дыхания (воздействуют взвешенные вещества, азота диоксид, формальдегид).

Оценка риска здоровью населения проводилась в соответствии с методологией оценки риска здоровью населения при хроническом ингаляционном воздействии за период 2020–2021 гг. Результаты оценки неканцерогенного риска по коэффициентам опасности свидетельствуют о систематическом превышение референтных концентраций по содержанию в атмосферном воздухе бенз(а)пирена в 1,8–1,3 раза соответственно, взвешенных веществ – в 3,8–2,4 раза, взвешенных частиц PM_{10} – в 1,9–1,6 раза, взвешенных частиц $PM_{2.5}$ в 5,4–7,2 раза. В соответствии с классификацией уровней риска коэффициенты опасности оцениваются как «настораживающие» и «высокие» [9].

В условиях комбинированного воздействия загрязняющих атмосферный воздух веществ установлен «высокий» уровень риска здоровью населения г. Новокузнецка по индексу неканцерогенной опасности влияния на органы дыхания (*HI* 18,8–11,3); на уровень смертности (*HI* 12,9–9,4); «настораживающий» уровень риска по влиянию на процессы развития организма (*HI* 4,9–3,66), сердечно-сосудистую систему (*HI* 3,1–2,5), «допустимый» уровень риска по влиянию на кровь, кроветворные органы (*HI* 2,1–1,1), иммунную систему (*HI* 2,6–2,2), центральную нервную систему (*HI* 1,9–1,4).

Оценка канцерогенного риска проведена по следующим приоритетным риск-образующим канцерогенам веществам: формальдегид, бензол, сажа, бенз(а)пирен. Индивидуальный канцерогенный риск по указанным веществам не превышал допустимый уровень, то есть находился в диапазоне более $1 \cdot 10^{-6}$, но менее $1 \cdot 10^{-4}$, то есть соответствовал верхней границе приемлемого риска. Данные уровни подлежат постоянному контролю.

Выводы. Выполняемые предприятиями природоохранные мероприятия дают положительную динамику по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух по уменьшению среднегодовых концентраций ряда загрязняющих веществ. Однако уровни рисков воздействия на некоторые критические органы и системы остаются высокими, что свидетельствует о возникновении неблагоприятных эффектах со стороны здоровья населения г. Новокузнецка.

В целях проведения объективного и своевременного контроля реализации мероприятий федерального проекта необходимо систематически проводить оценку показателей качества атмосферного воздуха для оперативного реагирования и внесения корректирующих поправок в Комплексный план.

Список литературы

1. Гигиеническая оценка формирования нарушения здоровья детского населения при комплексном воздействии факторов окружающей среды в углехимических центрах Кузбасса / Е.В. Коськина, Л.А. Глебова, А.В. Бачина [и др.] // Фундаментальная и клиническая медицина. – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 57–63.

2. Комплексная оценка эффективности митигации вреда здоровью на основе теории нечетких множеств при планировании воздухоохранных мероприятий / Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, И.В. Май [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 1. – С. 25–37. DOI: 10.21668/health.risk/2020.1.03

3. Методические подходы к оптимизации программ мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» (на примере города Нижнего Тагила) / В.Б. Гурвич, Д.Н. Козловских, И.А. Власов [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. – 2020. – № 9 (330). – С. 38–47.

4. МР 2.1.6.0156-19. Оценка качества атмосферного воздуха и анализ риска здоровью населения в целях принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия населения: методические рекомендации. – М., 2019.

5. 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.

6. 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. – Т. 96, № 12. – С. 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. 4–14. DOI: 10.21668/health.risk/2015.2.01 16.

8. Социально-гигиенический мониторинг – интегрированная система оценки и управления риском дли здоровья населения на региональном уровне / В.Б. Гурвич, С.В. Кузьмин, О.Л. Малых [и др.] // Санитарный врач. – 2014. – № 1. – С. 29–31.

9. Тихонова И.В., Землянова М.А. Актуализация системы социально-гигиенического мониторинга на основе анализа риска здоровью (муниципальный уровень) // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 4. – С. 60–68. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.06.

Оценка эффективности санитарно-гигиенических мероприятий, направленных на обеспечение качества атмосферного воздуха и профилактику риска здоровью населения в городах с особо высоким уровнем загрязнения (на примере г. Братска)

А.Н. Пережогин

ФКУЗ «Иркутский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока», г. Иркутск, Россия

В городах интенсивного промышленного освоения с очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха актуальной является оценка эффективности комплекса мероприятий, направленных на снижение гигиенических проблем. Осуществлена оценка эффективности санитарно-гигиенических мероприятий, направленных на обеспечение качества атмосферного воздуха и профилактику риска здоровью населения (на примере г. Братска). Эффективность мероприятий, выполненных в период 2018–2020 гг., оценена по гигиеническим показателям и критериям качества атмосферного воздуха, а также здоровья населения из зоны наибольшего риска. Установлена положительная динамика качества и состояния атмосферного воздуха в местах постоянного проживания населения как в целом по снижению удельного веса проб, не соответствующих гигиеническим нормативам (на 80,5 %), так и по содержанию отдельных загрязняющих веществ. На 15–72,2 % снизились концентрации фторида водорода, фторидов твердых, фенола, взвешенных веществ, бенз(а)пирена, азота диоксида, формальдегида, входящих в перечень приоритетных загрязнений воздушной среды г. Братска и связанных с хозяйственной деятельностью конкретных предприятий по производству алюминия, лесопереработки и целлюлозно-бумажной продукции. У детей из зоны наибольшего риска установлено снижение распространенности болезней верхних дыхательных путей, костного аппарата, вегетативных нарушений, гастродуоденальной дисфункции (на 15,0–100 %), ассоциированных с воздействием приоритетных веществ. Снизилось до 33,3 раза содержание токсичных веществ в крови – бенз(а)пирена, о-, м-, п-ксилолов, бензола, толуола, этилбензола, фенола; до 3,5 раза в моче – алюминия, входящих в перечень приоритетных. Предотвращенный ущерб здоровью детского населения из зоны наибольшего риска на 2020 г. составил порядка 2111 случаев заболеваний. Предотвращенные потери ВВП – 29,9 млн рублей.

Ключевые слова: эффективность мероприятий, качество атмосферного воздуха, предотвращенный ущерб, биомониторинг, заболеваемость населения.

Проблема загрязнения атмосферного воздуха и его влияния на здоровье населения Российской Федерации, как и во всем мире, является чрезвычайно актуальной гигиенической проблемой в многогранном аспекте [4, 9]. На протяжении ряда десятилетий в регионах интенсивной хозяйственной деятельности формировались зоны экологического неблагополучия и накопленного экологического ущерба. В результате примерно в 90 % городов России отмечается превышение санитарно-гигиенических нормативов загрязнения атмосферного воздуха насе-

ленных мест [2]. По причине загрязнения воздуха средняя продолжительность жизни граждан сокращается примерно на один год, а в наиболее проблемных городских поселениях – на четыре года.

В городах интенсивного промышленного освоения с очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха актуальной является оценка эффективности комплекса санитарно-гигиенических мероприятий, направленных на снижение остроты сложившихся гигиенических проблем [5–7]. Подтверждением этого являются результаты предварительного анализа динамических тенденций качества атмосферного воздуха в наиболее проблемных регионах РФ за период 2017–2020 гг. Показано некоторое смягчение напряженности сложившейся ситуации. По итогам 2020 г. снизилась доля городов (на 22,7 %) с особым уровнем загрязнения воздушной среды [3]. Адекватные результаты оценки эффективности мероприятий позволяют повысить обоснованность и корректность разработки принятия управленческих решений, что подчеркивается в работах ряда авторов [1, 8]. Для повышения точности оценок эффективности проводимых санитарно-гигиенических мероприятий поиск показателей и критериев (гигиенических, медицинских, экономических) приобретает исключительную важность в условиях особо высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха.

Цель исследования – оценка эффективности санитарно-гигиенических и медико-профилактических мероприятий, направленных на снижение загрязнения атмосферного воздуха, профилактику риска и уменьшением негативных последствий здоровью населения (на примере г. Братска).

Материалы и методы. Оценка эффективности санитарно-гигиенических мероприятий за период 2018–2020 гг. выполнена на примере г. Братска – крупнейшего промышленного центра Иркутской области с экстремально высоким уровнем загрязнения воздушной среды. Использован комплекс показателей, характеризующих качество атмосферного воздуха по данным наблюдений филиала ФБУЗ «ЦГиЭ в Иркутской области в городе Братске», распространенность заболеваний у детей из зоны наибольшего риска и содержание приоритетных химических веществ в биосредах по данным углубленных исследований в 2017 г. и в 2020 г. Статистическую обработку данных осуществляли с помощью пакета программ Statistica 10. Статистическую значимость различий переменных между группами определяли по критерию Стьюдента при уровне значимости $p \leq 0{,}05$.

Результаты. Гигиеническая оценка эффективности санитарно-гигиенических мероприятий Управления Роспотребнадзора по Иркутской области по контролю за соблюдением требований санитарного законодательства, направленных на обеспечение качества атмосферного воздуха в г. Братске, показала, что за период 2018–2020 гг. намечена определенная тенденция к снижению напряженности гигиенических проблем, а следовательно, к обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Об этом свидетельствует тот факт, что впервые за последние десять лет г. Братск в 2020 г. по целевому показателю «Уровень загрязнения атмосферного воздуха» перешел из категории «Очень высокий» в категорию «Высокий» при запланированном достижении данного целевого показателя в 2022 г. Из перечня приоритетных веществ в атмосферном воздухе, связанных преимущественно с хозяйственной деятельностью ПАО «РУСАЛ Братск», филиала ОАО «Группа ИЛИМ» в Братске, превышения среднегодовой предельно допустимой концентрации регистрировались в основном по содержанию бенз(а)пирена, взвешенных

веществ; максимальных из разовых концентраций – фторида водорода, фторидов твердых, углерода оксида, сероводорода, формальдегида, азота диоксида. Снизилась среднегодовая концентрация взвешенных веществ и бенз(а)пирена на 13,3 и 35,5 % соответственно; максимальных из разовых концентраций азота диоксида – на 72,2 %, фторидов твердых – на 23,5 %, фторида водорода и формальдегида – на 15,0 %; максимальной из среднемесячной концентрации бенз(а)пирена – на 42,4 % (табл. 1). Концентрации метилмеркаптана, азота оксида, серы диоксида и металлов (хрома, марганца, никеля, меди, свинца) не превышали установленных санитарных норм.

Таблица 1

Динамика содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в местах проживания населения г. Братска (по данным СГМ)

Вещество	Концентрация в атмосферном воздухе, доля ПДК		Темп снижения за 2018–2020 гг., %
	2018 г.	2020 г.	
Среднегодовая концентрация			
Взвешенные вещества	1,5	1,3	13,3
Бенз(а)пирен	6,2	4,0	35,5
Максимальная из разовых концентраций			
Азота диоксид	3,6	1,0	72,2
Фториды твердые	1,7	1,3	23,5
Фторид водорода	2,0	1,7	15,0
Формальдегид	2,0	1,7	15,0
Максимальная из среднемесячных концентраций			
Бенз(а)пирен	35,6	20,5	42,4

Анализ динамики удельного веса проб атмосферного воздуха, не соответствующих гигиеническим нормативам, в точках мониторинга показал снижение доли нестандартных проб в 2020 г. относительно 2017 г. на 85 %, относительно 2018 г. – на 80,5 %. Обращает на себя внимание, что в 2020 г. не зарегистрированы пробы атмосферного воздуха на уровне 5 ПДК и более по содержанию фторидов газообразных (в 2017 г. зарегистрировано 1,3 % проб от общего количества проб с превышением ПДК) и по взвешенным веществам (в 2018 г. 1,1 % проб). В период 2019–2020 гг. установлена положительная динамика удельного веса проб на уровне 5 ПДК и более по содержанию фенола. Процент нестандартных проб снизился в 1,6 раза (с 2,6 % в 2019 г. до 1,6 % в 2020 г.), темп снижения составил 38,5 %.

Оценка эффективности мероприятий, выполненная по критериям риска для здоровья населения из зон наибольшего риска свидетельствует о достижении результативности по положительной динамике заболеваемости детского населения по классам и отдельным формам заболеваний, в том числе доказанно связанным с воздействием факторов аэрогенной экспозиции. Сравнительный анализ заболеваемости детей в возрасте 3–7 лет, проживающих в зоне наибольшего риска здоровью, показал, что распространенность заболеваний органов дыхания, пищеварения, нервной, костно-мышечной, иммунной систем снизилась на 7,2–100 % (p = 0,0001). В большей степени снизилась частота регистрации заболеваний костной системы в виде нарушений осанки и деформации стопы (на 47,7–60,5 %); верхних дыхательных путей в виде хронических форм фарингита, тонзиллита, ринита (на 32,3–100,0 %), аллергического ри-

нита и синдрома гиперчувствительности к промышленным аллергенам (на 44,1–63,9 %, $p = 0{,}0001$); гастродуоденальной дисфункции (на 62,5–81,7 %, $p = 0{,}0001$) и вегетативных нарушений (на 27,5 %, $p = 0{,}0001$).

Оценка результатов биомониторинга также свидетельствует о наличии положительного эффекта. У детей уровень содержания токсичных веществ в биосредах, адекватных приоритетным воздействующим факторам риска, в 2020 г. относительно 2017 г. снизился от 1,1 до 33,3 раза ($p = 0{,}0001$–$0{,}032$) (табл. 2). Наиболее выраженная положительная динамика отмечается по содержанию в крови бенз(а)пирена (средняя концентрация снизилась в 33,3 раза), о-, м-, п-ксилолов (в 7,5 и 18,5 раза соответственно), бензола, толуола, этилбензола, фенола (в 4,1–7,5 раза); в моче алюминия (в 3,5 раза).

Таблица 2

Содержание химических веществ в биосредах детей в возрасте 3–7 лет

Показатель	Анализ средних ($M \pm m$), мкг/см^3		Кратность различий между группами	Достоверность различий средних ($p \leq 0{,}05$)
	Группа 1, 2017 г.	Группа 2, 2020 г.		
Содержание в крови				
Марганец	0,011 ± 0,001	0,012 ± 0,001	0,9	0,051
Медь	0,877 ± 0,140	0,842 ± 0,018	1,1	*0,032*
Никель	0,004 ± 0,001	0,004 ± 0,0004	1,0	0,653
Свинец	0,015 ± 0,003	0,016 ± 0,001	0,9	0,085
Хром	0,003 ± 0,001	0,0031 ± 0,0003	1,0	0,849
Бенз(а)пирен	0,001 ± 0,0001	0,00003 ± 0,000007	33,3	*0,0001*
Формальдегид	0,025 ± 0,004	0,045 ± 0,003	0,6	0,0001
Бензол	0,002 ± 0,0002	0,00059 ± 0,00005	3,4	*0,0001*
О-ксилол	0,005 ± 0,0005	0,00027 ± 0,00005	18,5	*0,0001*
П-, м-ксилол	0,0008 ± 0,0001	0,00014 ± 0,00003	7,5	*0,0001*
Толуол	0,0012 ± 0,0001	0,00026 ± 0,00004	4,6	*0,0001*
Фенол	0,049 ± 0,005	0,012 ± 0,0013	4,1	*0,0001*
Этилбензол	0,0003 ± 0,0001	0,00004 ± 0,00002	7,5	*0,0001*
Содержание в моче				
Алюминий	0,046 ± 0,006	0,013 ± 0,0015	3,5	*0,0001*
Фторид-ион	0,536 ± 0,081	0,425 ± 0,058	1,3	*0,028*

Общее количество предотвращенных случаев заболеваний детского населения из зоны наибольшего риска (5200 детей) на 2020 г. составило 2111,2. Общая продолжительность предотвращенного периода нетрудоспособности взрослого населения в связи с больничным листом по уходу за ребенком составила 7188,6 дня. Предполагаемые общие предотвращенные потери ВВП на 2020 г. составили 29,88 млн рублей.

Выводы. Таким образом, гигиеническая оценка управленческих мер, принятых органами и организациями Роспотребнадзора регионального и муниципального уровня в период 2018–2020 гг. по контролю за соблюдением требований санитарного законодательства, направленных на обеспечение качества атмосферного воздуха, свидетельствует об их эффективности. Примененный комплекс показателей и критериев позволил с достаточной степенью надежности оценить социальную значимость и экономическую эффективность предотвращенных ущербообразующих последствий.

Список литературы

1. 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 [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 4. – С. 30–36.

2. Ахтиманкина А.В. Загрязнение атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий Иркутской области // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. – 2017. – Т. 21. – С. 15–27.

3. Давыдова И.С., Гапоненко А.В. Проблема загрязнения атмосферного воздуха в городах [Электронный ресурс] // Sciences of Europe. Geographical Sciences. – 2017. – Vol. 14, № 14. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problema-zagryazneniya-atmosfernogo-vozduha-v-gorodah (дата обращения: 26.04.2022).

4. Зайцева Н.В. Эффективность и резервы достижения стратегических приоритетов в снижении неинфекционных заболеваний, связанных с факторами окружающей среды // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: сб. матер. IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием; под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2019. – С. 7–12.

5. Клюев Н.Н., Яковенко Л.М. «Грязные» города России: факторы, определяющие загрязнение атмосферного воздуха // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2018. – Т. 26, № 2. – С. 237–250.

6. О проблемах загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах Российской Федерации: «круглые столы» Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации. 30 ноября 2018 г. [Электронный ресурс]. – URL: http://council.gov.ru/activity /activities/roundtables/100071/(дата обращения 12.04.2022).

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.

8. Оценка экономической эффективности реализации мероприятий по снижению уровней загрязнения атмосферного воздуха на основании оценки риска здоровью населения: МР 5.1.0158-19 [Электронный ресурс]. – URL: https://sudact.ru/law/mr-510158-19-51-gosudarstvennaia-sanitarno-epidemiologicheskaia-sluzhba-v/ (дата обращения: 21.04.2022).

9. Попова А.Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиции сохранения здоровья нации // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – Т. 251, № 2. – С. 4–7.

Биоинформационный анализ белков с помощью баз данных (обзор литературы)

Е.В. Пескова[1,2], Н.И. Булатова[1]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Пермь, Россия

В последние годы значительно увеличилось количество белковых последовательностей, что привело к созданию баз данных протеомики. Для структурирования информации разработано множество баз данных, связанных с белками, средств запросов и программных инструментов для анализа биологических аннотаций белков и их последовательностей; структурных, функциональных и эволюционных анализов в контексте биологии сигнальных путей. Полученные данные биоинформационного анализа белков целесообразно использовать для предположения гипотез развития патологических процессов на молекулярном уровне.

Ключевые слова: белки, базы данных, биоинформатика, протеомный профиль.

Использование высокопроизводительных технологий для изучения систем молекулярной биологии произвело революцию в биологических и биомедицинских исследованиях. Это позволило исследователям систематически изучать геномы организмов (геномика) [1], набор молекул РНК (транскриптомика) [5] и совокупность белков, включая их структуру и функции (протеомика) [2].

В связи с тем что протеомика занимает промежуточное положение между геномикой и транскриптомикой, белки становятся ключевыми участниками всех физиологических процессов на уровне клетки – от каталитических биохимических реакций метаболизма до обработки и интеграции молекулярных сигналов [14]. Поведение одного белка обычно не отражает биологических сигнальных путей, вовлеченных в патогенез заболеваний, так как они могут возникать из-за изменений во многих белках. Для решения этой проблемы системная биология стала парадигмой в биологической области [16]. Системную биологию можно определить как информационный процесс открытия, в ходе которого анализируются целые биологические системы благодаря использованию предыдущих знаний и изучению белковых взаимодействий [4, 9].

Все большее количество информации о белках хранится в базах данных. В частности, базы данных сигнальных путей позволяют исследователям изучать молекулярные механизмы взаимодействий между белками, связанными с конкретным состоянием, с помощью протеомных исследований. Высокопроизводительные протеомные подходы используются для количественного определения белков, локализации и идентификации посттрансляционных модификаций и изучения белок-белковых взаимодействий, особенно связанных с определенными физиологическими или патологическими состояниями. Подходы к протеомике эволюционировали с технологической точки зрения и перешли от простой идентификации белков к их количественному определению и характеристике посттрансляционных модификаций [11, 20].

В первую очередь, базы данных протеомики можно классифицировать как базы данных последовательностей, ферментов и путей, семейств и доменов, экспрессии генов, аннотации генома (таблица). Цель работы с базами данных состоит в детальном анализе полученных белков для понимания их функций, а также процессов развития патологических состояний в организме на молекулярном уровне.

Базы данных протеомики в соответствии с функциональными характеристиками

Функциональная характеристика	Название программного продукта	Краткая характеристика
Базы данных белковых последовательностей	EMBL-EBI	База данных нуклеотидных последовательностей
	DDBJ	Банк данных ДНК Японии
	ENA	Европейский архив нуклеотидов
	GenBank	База данных нуклеотидных последовательностей
	RefSeq	База данных эталонных последовательностей NCBI
	UniGene	База данных компьютерной идентификации транскриптомов
	UniProtKB	Универсальный белковый ресурс
Базы данных ферментов и сигнальных путей	MetaCyc/BioCyc	База данных метаболических путей MetaCyc, коллекция баз данных метаболических путей/геномов BioCyc
	BRENDA	База данных ферментов
	ENZYME	База данных номенклатуры ферментов
	Reactome	База знаний о биологических путях и процессах
	SABIO-RK	База данных кинетики биохимических реакций
	SignaLink	Ресурс сигнального пути с многоуровневым регулирующие сети
	UniPathway	Ресурс для изучения метаболических путей
Семейные и доменные базы данных	Gene3D	Структурно-функциональная аннотация белковых семейств
	HAMAP	Качественная автоматизированная и ручная аннотация белков
	InterPro	Интегрированный ресурс белковых семейств, доменов и функциональных сайтов
	PANTHER	Система классификации
	Pfam	База данных семейств белков
	PIRSF	База данных классификации цельных белков
	PRINTS	База данных отпечатков белковых мотивов
	ProDom	База данных семейств белковых доменов
	PROSITE	База данных белковых доменов, семейств и функциональных сайтов
	ProtoNet	Автоматическая иерархическая классификация белков
	SMART	Инструмент исследования простой модульной архитектуры
	SUPFAM	Суперсемейная база данных структурных и функциональных аннотация
	TIGRFAMs	База данных семейства белков
Базы данных эксперессии генов	Bgee	База данных по эволюции генной экспрессии
	CleanEx	База данных профилей генной экспрессии
	Genevisible	Поиск портала для нормализованного и уверенного выражения данных из Genevestigator
	ExpressionAtlas	База данных дифференциального и базового выражения
База данных аннотаций генома	Ensembl	База данных аннотаций генома
	Entrez Gene	База данных генов геномов в сборе опорных последовательностей
	KEGG	Коллекция последовательностей Киотская энциклопедия генов и геномов

Базы данных протеомики связаны с базами данных по геномике, а также возможно применение спектральных библиотек или базы данным мРНК. По аналогии с хранилищами геномных данных создаются большие репозитории протеомных данных, которые могут быть использованы для создания баз данных. Объединение больших хранилищ данных обеспечивает прямой доступ к большинству сохраненных протеомных данных для биоинформационного анализа. Полный список белковых последовательностей, полученных в результате перевода кодирующих областей в аминокислотные последовательности, хранятся в базах данных. Некоторые из них скомплектованы автоматически (EMBL, GenBank), другие отбираются и редактируются вручную (например, UniProtKB или RefSeq) [6].

Функциональная аннотация – это аналитический метод, применяемый к различным типам больших массивов данных (например, наборам генов, транскриптов или белков) для вывода связанных биологических функций. Этот тип анализа, который в настоящее время приобретает актуальность, опирается на существование вручную курируемых библиотек, которые аннотируют и классифицируют гены и белки на основе их функции [18]. Наиболее известной и всеобъемлющей является библиотека Gene Ontology (GO), которая предоставляет термины, классифицированные по трем категориям: биологические процессы, молекулярные функции и клеточные компоненты [3]. Другие библиотеки предоставляют альтернативные типы аннотаций, включая аннотации биологических и патологических молекулярных путей, такие как KEGG [12] и Reactome [7]. Они включают в себя большое количество данных о разветвленных молекулярных взаимодействиях, которые являются результатом внутриклеточных реакций метаболизма, сигнальных молекулярных путей, генетических взаимодействиях или влияния активных химических веществ [8].

Функциональная аннотация основана на статистической оценке, называемой обогащением. Две группы «объектов» (выборка и эталонный набор) сравниваются на предмет распределения определенных свойств (например, функций, каталогизированных с помощью терминов GO). Если «объектами» являются гены, то весь геном можно использовать в качестве эталонного набора. Последний покажет определенное распределение терминов GO, отражающее частоту ассоциации между каталогизированными биологическими процессами, молекулярными функциями и клеточными локализациями, и генами во всем геноме. И наоборот, выборка представляет собой список интересуемых генов, сгруппированных вместе на основе экспериментальных данных. Анализ обогащения позволяет сравнить распределение терминов GO в выборке (список интересующих генов) с тем, что наблюдается в эталонном наборе (геноме): если определенный термин GO встречается в выборке чаще, чем в эталонном наборе, он обогащается, что свидетельствует о функциональной специфичности [15].

Существует множество онлайн-порталов, которые помогают выполнять функциональное обогащение [10]. Например, Panther является высокоспецифичной базой данной, описывающей процессы сигнальной передачи в клетке. В ней используются определенные алгоритмы и статистические методы (например, точный или гипергеометрический критерий Фишера, скорректированный с помощью Бонферрони, или коэффициент ложных открытий) для оценки и корректировки анализа обогащения [13].

Большинство белков формируют временные или стабильные комплексы с другими белками, которые действуют в клетке как интегрированные комплексы или регулируют активность самого белка (базы данных MINT, BioGRID, HRPD).

В зависимости от применяемой базы данных можно обеспечить высокий процент предсказания анализируемых межбелковых взаимодействий. Для подтверждения результатов исследования целесообразно использовать базы данных, основанных на данных литературы, такие как STRING и PubMed [17]. Идентификация белка в исследованиях должна сопровождаться детальным анализом его структуры, а также его посттрансляционной модификацией и межмолекулярных взаимодействий. Аминокислотную последовательность белка можно проанализировать в базах данных Pfam, Interpro и SMART [19].

Таким образом, применение рассмотренных баз данных зависит от конкретных целей исследования. Полученные данные протеомного профилирования можно использовать для предположения гипотезы о межмолекулярных взаимодействиях, разворачивающихся в ходе биологических процессов или патогенеза прогнозируемого негативного исхода.

Список литературы

1. Демидов Е.А., Пельтек С.Е. Протеомика // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Т. 18 (1). – С. 166–174.

2. Anderson N.L., Anderson N.G. Proteome and proteomics: new technologies, new concepts, and new words // Electrophoresis. – 1998. – Vol. 11. – P. 1853–1861.

3. Ashburner M., Ball C.A., Blake J.A. Gene ontology: tool for the unification of biology. The Gene Ontology Consortium // Nat. Genet. – 2000. – Vol. 25. – P. 25–29.

4. Brosius F.C., Ju W. The Promise of Systems Biology for Diabetic Kidney Disease // Adv. Chronic Kidney Dis. – 2018. – Vol. 25. – P. 202–213.

5. Characterization of the yeast transcriptome / V.E. Velculescu, L. Zhang, W. Zhou [et al.] // Cell. – 1997. – Vol. 2. – P. 243–251.

6. Chen C., Huang H., Wu C.H. Protein Bioinformatics Databases and Resources // Methods Mol Biol. – 2017. – Vol. 1558. – P. 3–39.

7. Croft D., Mundo A.F., Haw R. The Reactome pathway knowledgebase // Nucleic. Acids. Res. – 2014. – Vol. 42. – P. 472–477.

8. CRONOS: the cross-reference navigator server / B. Waegele, I. Dunger-Kaltenbach, G. Fobo [et al.] // Bioinformatics, 2009. – Vol. 24 (1). – P. 141–143.

9. Fasano M., Monti C., Alberio T. A systems biology-led insight into the role of the proteome in neurodegenerative diseases // Expert Rev Proteomics. – 2016. – Vol. 13. – P. 845–855.

10. Huang da W., Sherman B.T., Lempicki R.A. Bioinformatics enrichment tools: paths toward the comprehensive functional analysis of large gene lists // Nucleic. Acids. Res. – 2009. – Vol. 37. – P. 1–13.

11. Jorrin-Novo J.V., Komatsu S., Sanchez-Lucas R. Gel electrophoresis-based plant proteomics: Past, present, and future // J Proteomics. – 2018. – Vol. 198. – P. 1–10.

12. Kanehisa M., Sato Y., Kawashima M. KEGG as a reference resource for gene and protein annotation // Nucleic. Acids. Res. – 2016. – Vol. 44. – P. 457–462.

13. 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. 377–386.

14. Predicting the clinical outcome of congenital unilateral ureteropelvic junction obstruction in newborn by urinary proteome analysis / A. Hye, S. Lynham, M. Thambisetty [et al.] // Nat. Med. – 2006. – Vol. 4. – P. 398–400.

15. Rhee S.Y., Wood V., Dolinski K. Use and misuse of the gene ontology annotations // Nat. Rev. Genet. – 2008. – Vol. 9. – P. 509–515.

16. Santiago J.A., Potashkin J.A. System-based approaches to decode the molecular links in Parkinson's disease and diabetes // Neurobiol. Dis. – 2014. – Vol. 72. – P. 84–91.

17. STRING: a web-server to retrieve and display the repeatedly occurring neighborhood of a gene / B. Snel, G. Lehmann, P. Bork [et al.] // Nuclec. Acids. Res. – 2000. – Vol. 28 (18). – P. 3442–3444.

18. Tasan M., Musso G., Hao T. Selecting causal genes from genome-wide association studies via functionally coherent subnetworks // Nat. Methods. – 2015. – Vol. 12. – P. 154–159.

19. The Pfam protein families database / M. Punta, P. Coggill, R. Eberhardt [et al.] // Nuclec. Acids. Res. – 2012. – Vol. 40. – P. 290–301.

20. Winter D.L., Wilkins M.R., Donald W.A. Differential ion mobility-mass spectrometry for detailed analysis of the proteome // Trends in Biotechnology. – 2019. – Vol. 37. – P. 198–213.

Обоснование экспериментального изучения антибиотиков тетрациклинового ряда с учетом алиментарной экспозиции

В.Г. Сперанская, Е.В. Федоренко

РУП «Научно-практический центр гигиены»,
г. Минск, Республика Беларусь

Моделирование и оценка экспозиции являются неотъемлемым элементом количественной оценки риска. Применяемые подходы по оценке экспозиции остаточных количеств антибиотиков, содержащихся в пищевой продукции, сходны с подходами оценки экспозиции химических контаминантов и объединяют данные о наличии (концентрации) остаточных количеств указанных контаминантов в пище и среднем уровне суточного потребления соответствующих продуктов. Проведение эксперимента согласно предложенной схеме позволяет оценить отдельные биологические эффекты, в том числе влияние на микробиоту кишечника остаточных количеств антибиотиков тетрациклиновой группы, эквивалентных рассчитанным значениям алиментарной экспозиции, а также максимально допустимым уровням, принятым в Республике Беларусь и ЕАЭС, в международных стандартах Codex Alimentarius. Объектом исследований являлась схема проведения экспериментального исследования алиментарного воздействия тетрациклинов. Показана целесообразность выбора фактических и теоретических доз для экспериментального изучения остаточных количеств антибиотиков тетрациклинового ряда с учетом алиментарной экспозиции, обоснован дизайн эксперимента.

Ключевые слова: тетрациклины, оценка риска, алиментарная экспозиция, экспериментальная модель.

Пищевая продукция может быть контаминирована остаточными количествами антибиотиков (АБ). Это обусловлено их применением в целях профилактики и лечения заболеваний у продуктивных животных и птицы, интенсификации ведения сельского хозяйства, разведения рыб и пчеловодства [2, 3]. Поступление с рационом остаточных количеств АБ в дозах значительно ниже терапевтических может оказывать негативное влияние на здоровье, способствовать росту резистентной микрофлоры. Основными неблагоприятными эффектами воздействия остаточных количеств антибиотиков тетрациклинового ряда являются нарушение микрофлоры кишечника и увеличение резистентных бактерий *Enterobacteriaceae*, т.е. существует микробиологический риск. В целях оценки микробиологического риска на этапе оценки экспозиции анализируются данные о наличии (концентрации) остаточных количеств АБ в пище и средний уровень суточного потребления соответствующих продуктов [3, 4, 9, 11]. Указанные данные позволяют обосновать корректный выбор доз для максимально эффективного изучения влияния антибиотиков тетрациклиновой группы на организм.

Цель исследования – обосновать подходы по экспериментальному изучению остаточных количеств антибиотиков тетрациклинового ряда с учетом алиментарной экспозиции.

Материалы и методы. Для проведения экспериментальных исследований антибиотиков тетрациклинового ряда были обоснованы дозы экспозиции, исходя из теоретических и фактических данных, для учета вариабельности уровней потребления. Данные включали две категории:

– содержание АБ на максимально допустимом уровне (МДУ) согласно установленным в странах Евразийского экономического союза (ЕАЭС) и на международном уровне (в стандартах Комиссии Codex Alimentarius (Кодекс)) нормативам [5, 10] и фактически обнаруженные концентрации;

– уровень потребления молочной и мясной продукции животного происхождения – на основе продуктовой корзины (по официальным данным Национального статистического комитета Республики Беларусь и Foodbasket (FB) согласно Кодексу) [7, 10] и фактических уровней потребления данной группы продуктов (на уровне медианы и 95%-ного процентиля).

Данные для проведения оценки получены на основании исследования фактического питания методом анализа частоты потребления пищевых продуктов. Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью пакета Statistica 10.0 и Microsoft Excel.

Дозы сформированы с учетом следующей формулы (1):

$$Ex = \frac{\sum_{i=1}^{N}(C_i P_i)}{BW}, \qquad (1)$$

где Ex – экспозиция остаточными количествами АБ (мкг/кг);

C_i – содержание остаточных количеств АБ в i-м продукте (мкг/кг);

P_i – потребление i-го продукта (кг/сут);

BW – масса тела человека (кг); стандартное значение – 60 кг;

N – общее количество продуктов, включенных в оценку.

Результаты. Для оценки влияния остаточных количеств антибиотиков тетрациклинового ряда на организм и проведения экспериментальных исследований с учетом фактического и теоретического поступления предложены пять моделей алиментарной экспозиции (таблица).

Модели алиментарной экспозиции для экспериментального изучения остаточных количеств антибиотиков тетрациклинового ряда

№ п/п	Модель	Продукт	*C*, значение, мкг/кг	*P*, значение, кг/сут	Расчет суточного поступления АБ ∑ (C·P), мкг/кг в сут
1	Теоретическая		МДУ согласно ЕСТ [4]	Данные Нацстата [6]	ЕСТ × Нацстат
		Молоко	10	0,28	5,0
		Мясо	10	0,22	
2	Теоретическая		МДУ согласно кодексу [10]	На уровне FB [10, 11]	Кодекс × FB
		Молоко	100	1,5	210,0
		Мясо	200	0,3	
3	Фактическая*		Медиана	Медиана	Me × Me
		Молоко	2,15	0,17	0,86
		Мясо	3,5	0,14	
4	Фактическая*		95-й перцентиль	95-й перцентиль	95P × 95P
		Молоко	7,0	0,53	8,2
		Мясо	9,37	0,48	
5	Агравированная		МДУ согласно кодексу [10]	95-й перцентиль	Кодекс × 95P
		Молоко	100	0,53	149,0
		Мясо	200	0,48	

Примечание: * – на основании данных собственных исследований.

В теоретической модели 1 используются значения МДУ контаминации АБ мясной и молочной продукции согласно нормативам ЕАЭС (равные 10 мкг/кг) и уровни потребления, полученные из официальных статистических источников.

В теоретической модели 2 уровень контаминации молока и мяса равен МДУ, установленному в стандартах Кодекса (100 и 200 мкг/кг соответственно), уровень потребления взят согласно данным европейской продуктовой корзины.

Теоретические модели позволяют сформировать один из возможных неблагоприятных сценариев экспозиции, когда поступающая со средним рационом пищевая продукция контаминирована антибиотиками тетрациклиновой группы на максимально допустимом уровне.

В связи с различиями в нормировании остаточных количеств антибиотиков тетрациклиновой группы согласно рекомендациям Кодекса и документам ЕАЭС [3, 8] проведение экспериментальных исследований с использованием двух теоретических моделей представляет интерес, в том числе в целях оценки надежности национального гигиенического норматива.

В фактических моделях 3 и 4 для расчета суточного поступления антибиотиков тетрациклинового ряда с рационом использованы соответственно медианы и 95%-ный перцентиль контаминации и потребления, рассчитанные в ходе проведения собственных исследований. Применение указанных моделей в эксперименте

позволит сравнить ожидаемое и фактическое воздействие на организм остаточных количеств АБ, поступающих с молочной и мясной продукцией.

Для агравированной модели 5 предложен вариант расчета суточного поступления АБ с применением МДУ контаминации Кодекса и национального уровня потребления мяса и молока. Использование указанной модели предполагает оценку теоретического воздействия в случае применения гигиенического норматива остаточных количеств антибиотиков тетрациклиновой группы в пищевой продукции до уровня Кодекса на фоне национального уровня потребления.

Таким образом, наибольшее суточное поступление остаточных количеств антибиотиков тетрациклиновой группы при потреблении молока и мяса ожидается во второй теоретической (на уровне нормативов Кодекса) и агравированной моделях (210,0 и 149,0 мкг/кг в сутки соответственно). Наименьшее поступление АБ с пищевой продукцией, равное 0,86 мкг/кг в сутки, установлено для фактической модели экспозиции, основанной на данных исследований, где контаминация и потребление пищевой продукции соответствуют медиане.

Применение предложенных моделей в эксперименте для введения антибиотиков тетрациклинового ряда опытным животным в различных дозировках позволит оценить влияние АБ на микрофлору кишечника, определить наиболее выраженные биологические эффекты.

Дизайн эксперимента предполагает формирование пяти опытных и одной контрольной группы животных (белые крысы) одного пола в каждой группе. Подбор животных и формирование из них однородных опытных и контрольной групп осуществляется с учетом одинаковой массы тела (разность в массе тела животных должна составлять не более 10 %), отсутствий различий в поведении и общем состоянии. Каждая выбранная доза испытывается на 8–10 животных.

Антибиотики тетрациклиновой группы в виде водного раствора вводятся животным внутрижелудочно в рассчитанных дозах посредством зонда на протяжении 20 недель пять раз в неделю. Группе контрольных животных вводится дистиллированная вода. Объем исследования до постановки эксперимента включает: взвешивание особей, изучение микробиологических показателей кишечного содержимого, определение резистентности выделенных штаммов к антибиотикам тетрациклинового ряда. В ходе эксперимента проводится контроль общего состояния и массы тела, исследование гематологических и биохимических показателей крови, исследование состава кишечной микрофлоры и изменения указанных показателей в динамике. Дополнительно по завершении эксперимента проводится исследование на диссеминирующее действие и изменение относительных коэффициентов массы внутренних органов.

Указанный объем исследований позволит определить прямые и косвенные признаки изменений микрофлоры кишечника под влиянием антибиотика тетрациклина с учетом различной алиментарной экспозиции [1, 6].

Выводы. Таким образом, экспериментальное изучение остаточных количеств антибиотиков тетрациклинового ряда, основанное на реальном и прогнозируемом алиментарном поступлении указанного контаминанта, позволит оценить отдельные биологические эффекты, соответствующие фактической или теоретической модели экспозиции, с учетом различий в нормировании, принятом в ЕАЭС и на международном уровне.

Список литературы

1. Антибиотик-индуцированный дисбиоз кишечника и устойчивость миокарда к ишемическому-реперфузионному повреждению у крыс с различным микробиологическим статусом / Ю.Ю. Борщев, С.М. Минасян, И.Ю. Буровенко [и др.] // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2018. – № 10 (158). – С. 62–67. DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-158-10-62-67

2. Гигиеническая характеристика содержания антибиотиков в пищевой продукции / В.Г. Сперанская, Е.В. Федоренко, Л.Л. Белышева [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сборник научных трудов. – Минск: Изд. центр БГУ, 2020. – Вып. 30. – С. 112–120.

3. Материалы к оценке риска здоровью населения при поступлении остаточного содержания антибиотиков тетрациклиновой группы в пищевой продукции: научно-исследовательская работа / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов [и др.]. – Пермь: ФБУН ФНЦ МПТ УРЗН, 2012.

4. Методические указания по установлению и обоснованию гигиенических нормативов содержания химических примесей, биологических агентов в пищевой продукции по критериям риска для здоровья человека [Электронный ресурс] // Евразийская экономическая комиссия. – URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/texnreg/depsanmer/regulation/Documents/%D0%9C%D0%A3%20%D0%BF%D0%BE%20%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8E%20%D0%B8%20%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8E%20%D0%B3%D0%B8%D0%B3%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85%20%D0%BD%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D0%B2.pdf (дата обращения: 15.02.2022).

5. О применении санитарных мер в Евразийском экономическом союзе: Решение Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299 [Электронный ресурс] // Альфа-Софт. – URL: https://www.alta.ru/tamdoc/10sr0299/ (дата обращения: 15.02.2022).

6. Орленкович Л.Н. Анализ взаимосвязей показателей иммунной системы и микрофлоры кишечника крыс при хроническом ингаляционном воздействии биоинсектицида энтоморфина // Здоровье и окружающая среда: сборник научных трудов. – Минск: Изд. центр БГУ, 2020. – Вып. 30. – С. 203–211.

7. Социальное положение и уровень жизни населения Республики Беларусь, 2019: статистический сборник [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – URL: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_14043/ (дата обращения: 20.04.2021).

8. Сперанская В.Г., Федоренко Е.В. Вопросы нормирования антибактериальных препаратов в пищевой продукции // Здоровье и окружающая среда: сборник материалов международной научно-практической конференции: в 2 т. – Минск, 15–16 ноября 2018. – С. 30–33.

9. Joint FAO/WHO Expert Meeting on Dietary Exposure Assessment Methodologies for Residues of Veterinary Drugs: Final Report [Электронный ресурс] // World Health Organization, Food and Agriculture Organization. – URL: http://www.

fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/jecfa/Dietary_Exposure_Assessment_Methodologies_for_Residues_of_Veterinary_Drugs.pdf (дата обращения: 05.12.2021).

10. Maximum Residue Limits (MRLs) and Risk Management Recommendations (RMRS) for residues of veterinary drugs in foods: CX/MRL 2-2018 [Электронный ресурс] // World Health Organization, Food and Agriculture Organization. – URL: http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/maximum-residue-limits/en/ (дата обращения: 01.02.2022).

11. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. Chapter 6. Dietary exposure assessment of chemicals in food [Электронный ресурс] // World Health Organization, Food and Agriculture Organization. – URL: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44065/WHO_EHC_240_9_eng_Chapter6.pdf?sequence=9 (дата обращения: 05.12.2021).

Изучение содержания фенола и его производных в крови детского населения, проживающего в зоне влияния выбросов промышленных предприятий

М.О. Старчикова, Т.С. Пермякова, Т.Д. Карнажицкая, Т.С. Уланова

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

Представлены результаты анализа фенола и его производных (гидрохинона, пирокатехина) в крови детского населения, проживающего в зоне влияния выбросов металлургического производства (группа № 1) и нефтедобычи (группа № 2). Анализ химических соединений в биологических средах (кровь) проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием диффузионной твердофазной экстракции для извлечения аналитов. В исследуемых группах фенол в крови обнаружен у 100 % обследованных детей. Среднегрупповая концентрация ($M \pm m$) фенола в крови исследуемой группы № 1 составила 0,009 ± 0,003 мг/дм^3, для гидрохинона – 0,171 ± 0,053 мг/дм^3 и пирокатехина – 0,060 ± 0,033 мг/дм^3. Среднегрупповая концентрация ($M \pm m$) фенола в крови группы № 2 составила 0,006 ± 0,002 мг/дм^3, для гидрохинона – 0,122 ± 0,026 мг/дм^{3}и пирокатехина – 0,050 ± 0,020 мг/дм^3. Не установлено достоверных различий по содержанию фенола, гидрохинона и пирокатехина в крови детского населения группы № 1 по отношению к группе № 2 ($p > 0,05$).

Ключевые слова: фенол, гидрохинон, пирокатехин, кровь, детское население, высокоэффективная жидкостная хроматография.

Фенол и его производные относятся к числу наиболее широко распространенных опасных загрязнителей объектов окружающей среды [8]. К основ-

ным источникам загрязнения атмосферного воздуха фенолами относятся предприятия стройматериалов, деревообработки, металлургии, нефтедобычи, коксохимии, нефте- и углепереработки, а также выхлопные газы транспорта и табачный дым [10]. В поверхностные воды фенолы поступают со стоками предприятий нефтеперерабатывающей, лесохимической, коксохимической промышленности, а также образуются в результате разложения затопленной древесной массы под действием грибов и бактерий [3, 7]. Фенолы могут содержаться в косметических средствах (фенол, гидрохинон) [11], лекарственных препаратах (фенол) [9] и пищевых продуктах – копченных и жареных, чайных напитках и водопроводной воде [2, 4]. Пирокатехин и гидрохинон являются метаболитами парацетамола [6].

По степени воздействия на организм человека фенол относится к высокотоксичным веществам второго класса опасности. Токсическое воздействие фенолов обусловлено гидрофобными эффектами и дальнейшим образованием феноксильных радикалов [10]. Фенол и его производные оказывают раздражающее действие, вызывают нарушение функций дыхательной, сердечно-сосудистой и нервной систем [10].

Различают эндогенный и экзогенный источники поступления фенола в организм человека. Экзогенное поступление фенола происходит при контакте с кожей, вдыхании загрязненного воздуха, курении табака, употреблении пищевой продукции, содержащей фенол, и использовании косметических средств, в состав которых входит фенол. При поступлении фенола в организм человека часть его подвергается процессам окисления с образованием производных – гидрохинона и пирокатехина. Эндогенным источником поступления фенола и его производных в организм человека является его образование в результате промежуточного обмена веществ при распаде белков и нуклеотидов [1, 5].

Для изучения негативного воздействия фенола и его производных на здоровье наряду с лабораторной диагностикой актуальной задачей является определение содержания фенола и его метаболитов в биосредах детского населения.

Цель исследования – изучение содержания фенола и его производных (гидрохинона, пирокатехина) в биологических средах (кровь) детского населения, проживающего в зоне влияния выбросов промышленных предприятий.

Материалы и методы. В 2022 г. специалистами ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» лаборатории методов жидкостной хроматографии проведены скрининговые исследования по определению концентраций фенола и его производных в образцах крови детей (n = 38), проживающих в зоне влияния выбросов предприятия металлургии (группа № 1) и детей (n = 20), проживающих в зоне влияния выбросов предприятия нефтедобычи (группа № 2).

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, выполненном специалистами ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Определение фенола и его производных в крови проведено на жидкостном хроматографе Agilent 1200 Series с флуориметрическим детектором. Измерение основано на экстракции фенолов из крови смесью ацетонитрила и этилацетата в присутствии высаливателей, очистке экстракта твердым сорбентом и количественном определении методом абсолютной градуировки.

Для приготовления водных стандартных растворов фенолов с концентрацией 0,1 мг/дм^3 использовали стандартные образцы фенола, гидрохинона, пирокатехина (производитель Россия, степень чистоты). В качестве подвижной фазы для элюирования фенолов использовали смесь 0,1%-ной уксусной кислоты и ацетонитрила в соотношении 65:35 в изократическом элюировании со скоростью потока 0,8 см^3/мин, на колонке с обращенной фазой Eclipse XDB C18 с размером частиц 5 мкм, внутренним диаметром 4,6 мм и длиной 150 мм при температуре термостата 30 °С. Хроматограммы регистрировали и обрабатывали с использованием программы ChemStation (Agilent 1200 Series).

Результаты. В таблице представлены результаты анализа фенола, гидрохинона и пирокатехина в крови детей, проживающих на территориях с антропогенной нагрузкой (группа № 1, группа № 2). В ходе исследований установлено присутствие фенола в образцах крови у 100 % детей, проживающих в зоне влияния выбросов предприятия металлургии (группа № 1), в диапазоне концентраций от 0,001 до 0,044 мг/дм^3, со среднегрупповой концентрацией ($M \pm m$) – 0,009 ± 0,003 мг/дм^3. Фенол в крови детей группы № 2 на территории нефтедобычи определен в 100 % проб в диапазоне концентраций от 0,003 до 0,018 мг/дм^3, со среднегрупповой концентрацией 0,006 ± 0,002 мг/дм^3. Гидрохинон (метаболит фенола) в крови детей группы № 1 обнаружен в 92 % проб в диапазоне концентраций от 0,038 до 0,575 мг/дм^3, со среднегрупповой концентрацией 0,171 ± 0,053 мг/дм^3. В группе № 2 гидрохинон обнаружен в 100 % крови детей в диапазоне концентраций от 0,05 до 0,28 мг/дм^3, со среднегрупповой концентрацией 0,122 ± 0,026 мг/дм^3. Пирокатехин (метаболит фенола) обнаружен в 100 % проб крови детей в диапазоне концентраций от 0,001 до 0,355 мг/дм^3 со среднегрупповой концентрацией 0,060 ± 0,033 мг/дм^3 в группе № 1 и от 0,01 до 0,18 мг/дм^3 со среднегрупповой концентрацией 0,050 ± 0,020 мг/дм^3 в группе № 2. Не установлено достоверных различий по содержанию фенола, гидрохинона и пирокатехина в крови детского населения группы № 1 и группы № 2 ($p > 0,05$). Вместе с тем прослеживается тенденция повышения содержания обнаруженных фенолов в крови детей, проживающих в зоне влияния выбросов металлургического предприятия – фенола в 1,5 раза, гидрохинона в 1,4 раза и пирокатехина в 1,2 раза.

Среднегрупповые концентрации содержания фенола и его производных в крови детей, проживающих в зоне влияния выбросов промышленных предприятий

Показатель	Группа № 1	Группа № 2	Межгрупповое различие, p	Кратность превышения (Группа № 1 / группа № 2)
	$M \pm m$	$M \pm m$		
Фенол	0,009 ± 0,003	0,006 ± 0,002	> 0,05	1,5
Гидрохинон	0,171 ± 0,053	0,122 ± 0,026	> 0,05	1,4
Пирокатехин	0,060 ± 0,033	0,050 ± 0,020	> 0,05	1,2

На рисунке представлены хроматограммы анализа экстракта крови и экстракта с содержанием фенолов с концентрацией 0,1 мг/дм^3, полученные на колонке с обращенной фазой Eclipse XDB C18 с размером частиц 5 мкм, внутренним диаметром 4,6 мм и длиной 150 мм в изократическом режиме элюирования смесью 0,1%-ной уксусной кислоты и ацетонитрила в соотношении 65:35, со скоростью подачи 0,8 см^3/мин. Объем анализируемого экстракта 10 мм^3.

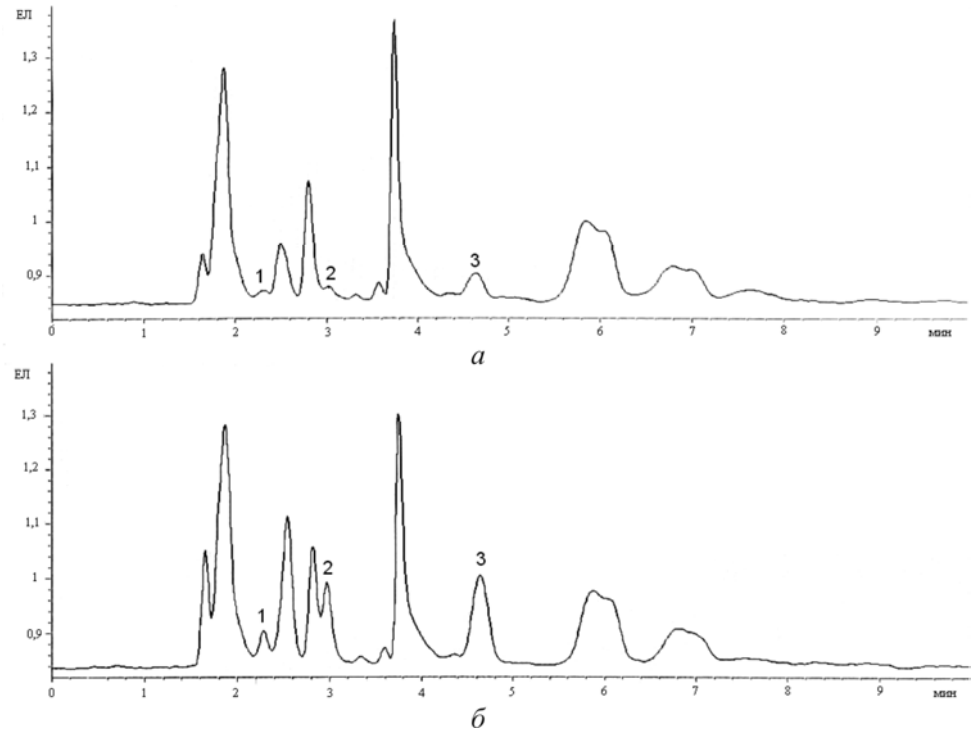


Рис. Хроматограммы анализа крови без добавки (*а*) и с добавкой стандартного раствора смеси фенолов с концентрацией 0,1 мг/ дм^3 (*б*): *1* – гидрохинон, *2* – пирокатехин, *3* – фенол

Выводы. Результаты проведенных исследований показали, что фенол, который присутствует в биологических средах человека как естественный метаболит и как источник антропогенного воздействия, обнаружен в 100 % проанализированных проб крови детского населения, проживающего в зоне влияния выбросов металлургического производства в диапазоне обнаруженных концентраций от 0,001 до 0,044 мг/дм^3 и нефтедобычи в диапазоне концентраций от 0,003 до 0,018 мг/дм^3. Пирокатехин, который является первичным метаболитом фенола, обнаружен в 100 % проб крови детского населения (группа № 1) в диапазонах концентраций от 0,001 до 0,355 мг/дм^3 и (группа № 2) от 0,01 до 0,18 мг/дм^3. Гидрохинон, первичный метаболит фенола, обнаружен в 92 % проб крови детей (группа № 1) в диапазоне концентраций от 0,038 до 0,575 мг/дм^3 и у 100 % детей (группа № 2) диапазоне концентраций от 0,05 до 0,28 мг/дм^3.

Полученные результаты могут быть использованы в эпидемиологических исследованиях при оценке риска экспозиции экотоксикантов на здоровье детского населения, проживающего в зоне влияния выбросов металлургических заводов, предприятий нефтедобычи и нефтепереработки.

Список литературы

1. Вергейчик Т.Х. Токсикологическая химия: учебник. – М., 2013. – 432 с.
2. Габдрахманова Э.Р. История фенольного загрязнения водопроводной воды г. Уфа // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – № 5–3 (73). – С. 50–53.
3. Гуткин В.И., Рогалева Л.В. Влияние фенола и его производных на организм человека // Экология и развитие общества. – 2015. – № 3 (14). – С. 42–46.
4. Еремеева Н.Б., Макарова Н.В. Фенолы и полифенолы в продуктах питания: влияние антиоксидантов на здоровье человека // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы V Международной научной конференции. – Кемерово: ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 2017. – С. 59–60.
5. Жебентяев А.И. Токсикологическая химия: в 2 ч.: учебное пособие. – Витебск: ВГМУ, 2014. – Ч. 1. – 402 с.
6. Использование градиентного варианта высокоэффективной жидкостной хроматографии для определения компонентов комплексного лекарственного средства но-шпалгин и продуктов их биологической деструкции в культуральных жидкостях родококков / А.Н. Плотников, Е.Ю. Тумилович, Е.В. Вихарева [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. – С. 472.
7. Новые подходы к выявлению источников поступления фенолов в поверхностные водоемы / В.В. Сурсякова, Л.Г. Бондарева, Г.В. Бурмакина, А.И. Рубайло // Доклады академии наук. – 2011. – Т. 441, № 6. – С. 767–770.
8. Обеспечение экологической безопасности при использовании фенолов в различных отраслях промышленности / В.Н. Горячева, Е.А. Ратуев, Е. Елисеева [и др.] // Серия Техника и технологии. – 2018. – Т. 8, № 2 (27). – С. 129–137.
9. Ткачева Т.А., Логвиненко О.А., Дариенко Ю.А. Количественное определение содержания ацетилсалициловой кислоты и примеси фенола в лекарственных препаратах // Академия педагогических идей новация. – 2017. – № 6. – С. 234–241.
10. Узакбаева Л.С., Айкенова Н.Е. Влияние фенолов на организм человека в производственной среде, в частности, на объектах нефтехимии и нефтепереработки // Фрактал. – 2019. – № 3. – С. 22–24.
11. Gao W., Legido-Quigley C. Fast and sensitive high performance liquid chromatography analysis of cosmetic creams for hydroquinone, phenol and six preservatives // Journal of Chromatography A. – 2011. – Vol. 1218. – P. 4307–4311.

Исследование и оценка биохимических и гематологических показателей крови крыс при многократной ингаляционной экспозиции нано- и микрочастицами оксида молибдена (VI)

М.С. Степанков

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

В связи с расширением спектра применения наночастиц оксида молибдена (VI) (НЧ MoO_3) возрастает риск развития патологических изменений со стороны здоровья, вызванных негативными эффектами данного наноматериала, что обусловливает актуальность исследований, направленных на изучение токсичности НЧ MoO_3 при различных путях воздействия. В данном исследовании изучены биохимические и гематологические показатели крови крыс при многократной ингаляционной экспозиции НЧ MoO_3 в сравнении с микрочастицами (МЧ). Установленные изменения показателей крови указывают на вероятное развитие нарушений структуры и / или функций тканей печени и почек при экспозиции как НЧ, так и МЧ MoO_3. Более выраженный характер изменений и больший перечень измененных показателей крови крыс, экспонированных наноматериалом, указывает на большую степень токсичности НЧ MoO_3 в сравнении с частицами микроразмерного химического аналога.

Ключевые слова: оксид молибдена (VI), наночастицы, ингаляционная экспозиция, токсичность, показатели крови.

Результатом активного повсеместного внедрения наноматериалов и нанотехнологий стало загрязнение атмосферного воздуха частицами, размер которых не превышает 100 нм [16, 17, 20]. В сравнении с микрочастицами частицы наноразмерного диапазона эффективнее проникают через защитные барьеры организма, накапливаясь в различных органах и тканях, а большее соотношение площади поверхности к объему обусловливает высокую реакционную способность. В связи с этим предполагается, что наночастицы обладают большей степенью токсичности для живых организмов относительно микрочастиц химических аналогов [6, 8].

Одним из распространенных наноразмерных материалов являются наночастицы оксида молибдена (VI) (НЧ MoO_3). НЧ MoO_3 используют в электрохимической, текстильной и химической промышленности, производстве нанооптики [2, 5]. Ожидается, что в ближайшем будущем к областям применения НЧ MoO_3 добавятся нефтеперерабатывающая отрасль, производство сенсоров и наноэлектроники [2, 19].

По результатам токсикологических исследований установлена способность НЧ MoO_3 усиливать генерацию внутриклеточных активных форм кислорода [9], что приводит к нарушению функций органоидов, в частности митоходрий [9], увеличению синтеза провоспалительных цитокинов [10] и развитию патоморфологических нарушений [3, 7].

Активное использование в различных отраслях хозяйственной деятельности НЧ MoO_3, обладающих токсическими свойствами, может привести к загрязнению атмосферного воздуха, экспозиции населения и увеличению риска развития пато-

логических изменений со стороны здоровья, вызванных негативными эффектами данного наноматериала. В связи с этим актуальность приобретают исследования, направленные на изучение токсичности НЧ MoO_3 при ингаляционном пути поступления в организм.

Целью работы является исследование и оценка биохимических и гематологических показателей крови крыс при многократной ингаляционной экспозиции нано- и микрочастицами MoO_3.

Материалы и методы. Для проведения исследования использовали порошок НЧ MoO_3 производства компании Sigma-Aldrich, США. Для сравнительного анализа применяли порошок микрочастиц оксида молибдена (VI) (МЧ MoO_3) производства той же компании.

Размер частиц определяли методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на сканирующем микроскопе высокого разрешения S-3400N (HITACHI, Япония).

Исследование негативных эффектов тестируемых материалов осуществляли на 18 самках крыс линии Wistar средней массой 250–300 г в соответствии с требованиями Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных или в иных научных целях (ETS № 123), и этического комитета ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения. Животных случайным образом распределили на три группы по шесть особей: опытная группа – животные, получавшие ингаляционно аэрозоль водной суспензии НЧ MoO_3; группа сравнения – животные, получавшие ингаляционно аэрозоль водной суспензии микрочастиц МЧ MoO_3; контрольная группа – животные, содержавшиеся в аналогичных условиях, получавшие бидистиллированную воду без тестируемых материалов. Моделирование ингаляционного воздействия веществ на крыс осуществляли в ингаляционной системе с интегрированным программным обеспечением с использованием камеры для всего тела (TSE Systems GmbH, Германия). Для генерации аэрозолей использовали водные суспензии НЧ и МЧ MoO_3 в концентрации 125 мг/см^3. Экспозиции проводили ежедневно по 4 ч в течение 10 суток. Во время экспозиций животные корм не получали. Характеристика воздушных потоков в камере во время экспозиций: приток воздуха – 10 дм^3/мин (концентрация кислорода не менее 19 %, углекислого газа не менее 1 %); скорость подачи водных суспензий НЧ и МЧ MoO_3 – 0,4 см^3/мин; отток воздуха – 10 дм^3/мин; колебания давления внутри камеры – 0,4 мбар; температура в камере – 22–25 °С. Отбор проб воздуха из камеры для определения концентрации тестируемых веществ осуществляли на фильтры АФА-ХП-10-1 на протяжении всего времени экспозиции со скоростью подачи 2 дм^3/мин. Фактическая концентрация НЧ MoO_3 в воздухе ингаляционной камеры составила 1,84 ± 0,41 мг/м^3, МЧ MoO_3 – 1,43 ± 0,42 мг/м^3.

Через 24 ч после последней экспозиции у крыс для изучения биохимических и гематологических показателей проводили забор крови из подъязычной вены в объеме 3 см^3. Биохимические показатели: уровни активности аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрасферазы (АСТ), щелочной фосфатазы (ЩФ), гамма-глутамилтранспептидазы (γ-ГТ), амилазы, лактатдегидрогеназы (ЛДГ), концентрации билирубина общего, билирубина прямого, креатинина, мочевины и С-реактивного белка (СРБ) определяли в сыворотке крови на биохимическом анализаторе Keylab (BPC BioSed, Италия). Гематологические показатели: относительное число сегментоядерных нейтрофилов, лимфоцитов, моноцитов, количество лейкоцитов, эритроцитов, тромбоцитов, концентрацию гемоглобина, гематокрит, средний объем

эритроцита (MCV), среднее содержание гемоглобина в отдельном эритроците (MCH), среднюю концентрацию гемоглобина в эритроцитарной массе (MCHC), относительную ширину распределения эритроцитов по коэффициенту вариации (RDW-CV) и стандартному отклонению (RDW-SD), средний объем тромбоцитов (MPV), относительную ширину распределения тромбоцитов по объему (PDW), тромбокрит, количество крупных тромбоцитов (P-LCC) и долю крупных тромбоцитов (P-LCR) в цельной крови изучали на автоматическом анализаторе Coulter Ac*T 5diff AL (Beckman Coulter, США).

Значения показателей крови представлены в виде среднее ± стандартная ошибка среднего. Определение статистической значимости различий данных значений между экспериментальными группами осуществляли по *U*-критерию Манна – Уитни при уровне значимости $p \leq 0{,}05$ рассчитанному в программе Statistica 10.

Результаты. По результатам РЭМ образец тестируемого нанопорошка на 84,17 % состоит из частиц размером менее 100 нм средним размером 58,80 нм. Средний размер МЧ MoO_3 составил 3410 нм, что в 57,99 раза больше в сравнении с наноразмерным аналогом.

По окончанию периода экспозиции не установлено гибели животных экспериментальных групп. У крыс опытной группы зафиксировано изменение биохимических параметров крови в виде увеличения активности ЩФ, ЛДГ, концентрации креатинина, билирубина общего и прямого в 1,85 ($p < 0{,}05$), 2,06 ($p < 0{,}01$), 1,43 ($p < 0{,}05$), 1,39 ($p < 0{,}05$) и 1,40 раза ($p < 0{,}05$) соответственно относительно контрольных данных. Воздействие МЧ MoO_3 приводит к увеличению активности ЛДГ в 1,59 ($p < 0{,}05$) и концентрации билирубина прямого в 1,71 раза ($p < 0{,}05$) относительно контрольных значений. Отличие воздействия НЧ MoO_3 на биохимические показатели крови в сравнении с МЧ MoO_3 заключается в более высокой активности ЩФ, концентрации билирубина общего и креатинина в 2,11 ($p < 0{,}05$), 1,35 ($p < 0{,}05$) и 1,57 раза ($p < 0{,}05$) соответственно. Результаты исследования биохимических параметров крови крыс представлены в табл. 1.

Таблица 1

Биохимические параметры крови крыс ($p \leq 0{,}05$)

Биохимические параметры	$M \pm m$		
	Опытная группа	Группа сравнения	Контрольная группа
АЛТ, Е/дм^3	53,17 ± 3,30	38,50 ± 2,05	48,00 ± 5,40
АСТ, Е/дм^3	288,17 ± 39,81	179,50 ± 20,37	231,50 ± 40,45
ЩФ, Е/дм^3	702,50 ± 83,65*^	333,00 ± 70,60	380,67 ± 68,51
γ-ГТ, Е/дм^3	0,83 ± 0,40	1,00 ± 0,26	0,50 ± 0,22
Амилаза, Е/дм^3	1035,00 ± 67,99	1008,00 ± 77,54	988,50 ± 104,25
Билирубин общий, мкмоль/дм^3	2,60 ± 0,27*^	1,93 ± 0,12	1,87 ± 0,17
Билирубин прямой, мкмоль/дм^3	0,88 ± 0,08*	1,08 ± 0,15*	0,63 ± 0,03
Креатинин, мкмоль/дм^3	128,17 ± 12,76*^	81,67 ± 2,44	89,83 ± 4,99
ЛДГ, Е/дм^3	1758,53 ± 234,00*	1361,17 ± 180,57*	855,50 ± 103,01
Мочевина, ммоль/дм^3	4,70 ± 0,28	4,95 ± 0,43	4,20 ± 0,27
СРБ, мг/дм^3	0,18 ± 0,08	0,28 ± 0,04	0,24 ± 0,05

Примечание: * – достоверная разница с контрольной группой, ^ – достоверная разница с группой сравнения.

Изменение гематологических показателей крови крыс, экспонированных НЧ MoO_3, характеризуется снижением количества тромбоцитов, тромбокрита и относительного числа сегментоядерных нейтрофилов в 1,31 ($p < 0,05$), 1,35 ($p < 0,05$) и 1,21 раза ($p < 0,05$) соответственно относительно контрольных данных. При экспозиции микродисперсным аналогом у животных группы сравнения относительно контрольной группы установлено увеличение доли моноцитов в 2,08 раза ($p < 0,05$), снижение доли сегментоядерных нейтрофилов в 1,31 раза ($p < 0,05$). Не установлено статистически значимых различий гематологических показателей крови между животными групп опыта и сравнения. Результаты исследования гематологических параметров представлены в табл. 2.

Таблица 2

Гематологические параметры крови крыс ($p \leq 0,05$)

Гематологические параметры	$M \pm m$		
	Опытная группа	Группа сравнения	Контрольная группа
Лейкоциты, 10^9/дм^3	10,09 ± 0,67	9,47 ± 0,80	7,37 ± 0,68
Эритроциты, 10^{12}/дм^3	8,29 ± 0,03	7,96 ± 0,16	8,06 ± 0,25
Гемоглобин, г/дм^3	161,17 ± 1,58	151,17 ± 3,78	153,49 ± 3,09
Гематокрит, %	45,25 ± 0,71	42,80 ± 0,97	42,99 ± 0,76
MCV, фл	54,58 ± 0,71	53,78 ± 0,89	54,11 ± 0,61
MCH, пг	19,50 ± 0,18	19,03 ± 0,28	19,29 ± 0,19
MCHC, г/дм^3	361,00 ± 6,81	353,50 ± 2,13	353,97 ± 0,59
RDW-CV, %	11,72 ± 0,25	11,75 ± 0,23	12,09 ± 0,15
RDW-SD, фл	23,83 ± 0,23	24,15 ± 0,37	24,61 ± 0,16
Тромбоциты, 10^9/дм^3	108,50 ± 9,96*	134,33 ± 14,13	142,17 ± 11,64
MPV, фл	7,42 ± 0,19	7,15 ± 0,07	7,23 ± 0,06
PDW	16,30 ± 0,28	16,43 ± 0,06	16,41 ± 0,06
Тромбокрит, %	0,08 ± 0,01*	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01
P-LCC, 10^9/дм^3	18,67 ± 2,73	22,17 ± 2,24	24,23 ± 1,98
P-LCR, %	16,88 ± 2,03	16,48 ± 0,50	16,84 ± 0,62
Сегментоядерные нейтрофилы, %	33,83 ± 1,96*	31,33 ± 2,72*	40,99 ± 1,71
Лимфоциты, %	64,17 ± 2,18*	64,33 ± 3,25	57,73 ± 1,29
Моноциты, %	2,00 ± 0,45	3,67 ± 0,61*	1,76 ± 0,51

Примечание: * – достоверная разница с контрольной группой.

По результатам выполненного исследования установлено изменение биохимических и гематологических показателей крови крыс при многократной ингаляционной экспозиции НЧ и МЧ MoO_3. Повышение концентраций билирубина общего и прямого может указывать на деструкцию гепатоцитов, в результате которой нарушается экскреция билирубина в желчные капилляры, и он попадает непосредственно в кровь [1, 11, 14]. Патоморфологические изменения тканей печени способны привести к повышению активности щелочной фосфатазы [18]. Увеличение концентрации креатинина в крови крыс опытной группы может быть результатом нарушения выделительной и фильтрационной функции почек [1, 15]. Повреждение клеток печени и почек способствует повышению активности такого неспецифического фермента, как ЛДГ [12, 13, 22]. Нарушение структуры и функций тканей печени и почек приводит к уменьшению синтеза тромбопоэтина, стимулирующего выработку и дифференцировку мегакариоцитов, вследствие чего нарушается процесс тромбоцитопоэза и, как результат, снижается количество тромбоцитов в крови, что отмечено у крыс, экспонированных НЧ MoO_3 [4, 21].

Выводы. НЧ и МЧ MoO_3 при многократной ингаляционной экспозиции вызывают изменения биохимических и гематологических показателей крови, указывающих на вероятное развитие нарушений структуры и функций тканей печени и почек. Больший перечень измененных показателей крови и более выраженный характер данных изменений у крыс опытной группы указывает на большую степень токсичности НЧ MoO_3 в сравнении с микроразмерным аналогом. Полученные результаты необходимо учитывать при разработке профилактических мер для производителей и потребителей продукции, содержащей НЧ MoO_3.

Список литературы

1. Назаренко Г.И., Кишкун А.А. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований. – М.: Медицина, 2006. – 543 с.

2. Наночастицы сульфидов молибдена – новый класс добавок к углеводородным смазочным материалам / О.П. Паренаго, В.Н. Бакунин, Г.Н. Кузьмина [и др.] // ДАН. – 2002. – Т. 383, № 1. – С. 84–86.

3. Сизова Е.А., Мирошников С.А., Калашников В.В. Цитоморфологические и биохимические показатели крыс линии Wistar под влиянием молибденсодержащих наночастиц // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51, № 6. – С. 929–936.

4. Anemia and Thrombocytopenia in Acute and Chronic Renal Failure / A. Dorgalaeh, M. Mahmudi, S. Tabibian [et al.] // International Journal of Hematology-Oncology and Stem Cell Research. – 2013. – Vol. 7, № 4. – P. 34–39.

5. Biological effects of molybdenum compounds in nanosized forms under *in vitro* and in vivo conditions / Z. Sobańska, L. Zapór, M. Szparaga [et al.] // International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health. – 2020. – Vol. 33, № 1. – P. 1–19.

6. Dependence of Nanoparticle Toxicity on Their Physical and Chemical Properties / A. Sukhanova, S. Bozrova, P. Sokolov [et al.] // Nanoscale Research Letters. – 2018. – Vol. 13, № 44. – P. 21.

7. Effect of molybdenum trioxide nanoparticles on histological changes of uterus and biochemical parameters of blood serum in rat / S. Fazelipour, F. Assadi, Z. Tootian [et al.] // Comparative Clinical Pathology. – 2020. – Vol. 29. – P. 991–999.

8. Hewitt R.E., Chappel H.F., Powell J.J. Small and dangerous? Potential toxicity mechanisms of common exposure particles and nanoparticles // Current Opinion in Toxicology. – 2020. – Vol. 19. – P. 93–98.

9. Indrakumar J., Korrapati P.S. Steering efficacy of nano molybdenum towards cancer: mechanism of action // Biological Trace Element Research. – 2020. – Vol. 194, № 1. – P. 121–134.

10. In-vitro toxicity of molybdenum trioxide nanoparticles on human keratinocytes / K. Božinović, D. Nestić, U.G. Centra [et al.] // Toxicology. – 2020. – Vol. 444. – 11 p.

11. Joseph J. Serum Marker Panels for Predicting Liver Fibrosis – An Update // The Clinical Biochemist Reviews. – 2020. – Vol. 41, № 2. – P. 67–73.

12. Lactate dehydrogenase as a biomarker for early renal damage in patients with sickle cell disease / M.S. Alzahri, S.A. Mousa, A.M. Almomen [et al.] // Saudi Journal of Kidney Diseases and Transplantation. – 2015. – Vol. 26, № 6. – P. 1161–1168.

13. Lactate dehydrogenase production in hepatocytes is increased at an early stage of acute liver failure / K. Kotoh, M. Kato, M. Kohjima [et al.] // Experimental and Therapeutic Medicine. – 2011. – Vol. 2, № 2. – P. 195–199.

14. Liver fibrosis: a compilation on the biomarkers status and their significance during disease progression / K.S. Nallaganguka, S.K. Nagaraj, L. Venkataswamy [et al.] // Future Science OA. – 2017. – Vol. 4, № 1. – P. 16.

15. Markers of renal function tests / S. Gowda, P.B. Desai, S.S. Kulkarni [et al.] // North American Journal of Medical Sciences. – 2010. – Vol. 2, № 4. – P. 170–173.

16. Nanomaterials versus ambient ultrafine perticles: an opportunity to exchange toxicology knowledge / V. Stone, M.R. Miller, M.J.D. Clift [et al.] // Environmental Health Perspectives. – 2017. – Vol. 125, № 10. – P. 1–17.

17. Nanoparticles in the environment: assessment using the casual diagram approach / S. Smita, S.K. Gupta, A. Bartonova [et al.] // Environmental health. – 2012. – Vol. 11. – P. 1–11.

18. Narayanan S. Serum alkaline phosphatase isoenzymes as markers of liver disease // Annals of Clinical and Laboratory Science. – 1991. – Vol. 21, № 1. – P. 12–18.

19. Reversible lithium-ion insertion in molybdenum oxide nanoparticles / S.H. Lee, Y.H. Kim, R. Deshpande [et al.] // Advanced Materials. – 2008. – Vol. 20, № 19. – P. 3627–3632.

20. Rönkkö T., Timonen H. Overview of sources and characteristics of nanoparticles in urban traffic-influenced areas // Journal of Alzheimer's disease. – 2019. – Vol. 72, № 1. – P. 15–28.

21. The pathophysiology of thrombocytopenia in chronic liver disease / O. Mitchell, D.M. Feldman, M. Diakow [et al.] // Hepatic Medicine: Evidence and Research. – 2016. – Vol. 8. – P. 39–50.

22. Zhang D., Shi L. Serum lactate dehydrogenase level is associated with in-hospital mortality in critically Ill patients with acute kidney injury // International Urology and Nephrology. – 2021. – Vol. 53, № 11. – P. 2341–2348.

Оценка риска здоровью населения при употреблении питьевой воды из подземных источников в Приозерском районе Ленинградской области

А.А. Степанян[1], Д.С. Исаев[1], Г.Б. Еремин[1], Н.А. Мозжухина[2], А.А. Шварц[3], И.О. Мясников[1]

[1]ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
[2]ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава РФ,
[3]Санкт-Петербургское отделение Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН,
г. Санкт-Петербург, Россия

Приозерский район занимает площадь в 3597 км² и расположен в северной части Карельского перешейка, на западном берегу Ладожского озера. Водоснабжение многих населенных пунктов района в значительной степени построено на эксплуатации подземных вод. В ходе исследования были проанализированы результаты лабораторных испытаний качества питьевой

воды используемых водоносных горизонтов, выполненные в рамках производственного контроля и социально-гигиенического мониторинга; научно-исследовательские работы по оценке качества воды исследуемых водоносных горизонтов; литературные источники по оценке качества питьевой воды. Выполнена гигиеническая оценка качества воды и оценка риска здоровью населения при употреблении воды подземных водоисточников в 23 населенных пунктах Приозерского района Ленинградской области. Применены методы обследования, оценки, системного анализа. Установлено, что для водоснабжения используются воды, приуроченные к архей-протерозойским, вендским образованиям, а также воды четвертичных отложений. В результате исследований был уточнен перечень веществ, концентрации которых превышают 1 ПДК, а также определены вещества 1-го и 2-го классов опасности, концентрации которых превышают 0,1 ПДК, а также вещества 3-го и 4-го классов опасности, превышающих 0,5 ПДК, которые должны быть включены в программы производственного контроля. Даны рекомендации по совершенствованию систем производственного контроля и социально-гигиенического мониторинга качества воды подземных водоисточников, а также проведена оценка риска здоровью населения, употребляющего воду, приуроченную к конкретным водоносным горизонтам.

Ключевые слова: подземные воды, качество питьевой воды, Приозерский район, оценка риска здоровью населения.

Вопросы обеспечения населения Российской Федерации качественной питьевой водой и на сегодняшний момент остаются актуальным для Ленинградской области [1]. Проблема обеспечения населения питьевой водой гарантированного качества для многих регионов России является актуальной задачей, в целях решения которой принят и реализуется в настоящее время федеральный целевой проект «Чистая вода». В рамках проекта осуществляются практические мероприятия и научные работы, целью которой является повышения уровня обеспеченности населения качественной водой [7].

Цель и задачи исследования – провести гигиеническую оценку качества воды и оценку риска здоровью населения при ее употреблении из подземных водоисточников, используемых в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населенных пунктов Приозерского района Ленинградской области, и обосновать выбор приоритетных показателей, которые должны быть включены в программы производственного контроля и социально-гигиенического мониторинга качества и безопасности воды водоисточников.

В ходе работы авторами сформирована сводная база данных результатов лабораторных исследований воды артезианских скважин на территории Приозерского района Ленинградской области. Работа была выполнена на основании информации, полученной из Федерального бюджетного учреждения «Территориальный фонд геологической информации по Северо-Западному федеральному округу» (ФБУ «ТФГИ по СЗФО») по качеству воды поземных водоносных горизонтов за 2003–2005 гг.; результатов социально-гигиенического мониторинга источников подземных вод за 2009–2020 гг., проводимого Управлением Роспотребнадзора по Ленинградской области, и производственного контроля за 2018–2020 гг. организаций, обеспечивающих население питьевой водой [3]. Результаты анализа полученных данных представлены далее.

В соответствии с гидрогеологическим районированием территория Приозерского района находится на сочленении Балтийского гидрогеологического массива и Московского артезианского бассейна [4]. В качестве источника водонснабжения в районе используются в основном подземные воды трех источников: четвертичного

водоносного комплекса (Q), вендского водоносного комплекса (V), экзогенной трещиноватости архей-нижнепротерозойской водоносной зоны (AR-PR).

Четвертичный водоносный комплекс (Q) характеризуется резкой изменчивостью вещественного и гранулометрического составов, генезиса и возраста водовмещающих пород как в вертикальном разрезе, так и по площади. При этом следует отметить, что стратиграфические подразделения, слагающие комплекс, находятся на различных гипсометрических уровнях, что затрудняет выделение и прослеживание конкретных водоносных горизонтов. В целом для комплекса характерными являются невыдержанность водоносных горизонтов и незначительная мощность. На территории Приозерского района воды по химическому составу пресные с минерализацией в диапазоне 100–400 мг/л, гидрокарбонатные магниево-кальциевые.

Вендский водоносный комплекс (V) распространен в южной части района. На рассматриваемой территории в северной части своего распространения перекрыт четвертичными отложениями, а южнее – толщей верхнекотлинских глин, делающей его хорошо защищенным от поверхностного загрязнения. Основную часть толщи водоносного комплекса слагают пески и песчаники, алевролиты и алевриты кварцевые и полевошпатово-кварцевые. Глубина залегания комплекса увеличивается с севера на юг от 25 м в районе п. Лосево, до 140 м – в районе п. Орехово. Подземные воды горизонта напорные. Водоупорной кровлей служат четвертичные плотные глинистые отложения вендского горизонта, мощность которых увеличивается с севера на юг. По химическому составу воды на территории Приозерского района пресные и слабосолоноватые с минерализацией в диапазоне 100–1200 мг/л. Пресные воды в основном гидрокарбонатные кальциево-натриевые, слабосолоноватые – хлоридные натриевые. Минерализация возрастает с севера на юго-восток.

В северной части района распространены воды экзогенной трещиноватости архей-нижнепротерозойской водоносной зоны (AR-PR). По химическому составу воды на территории Приозерского района пресные с минерализацией в диапазоне 100–900 мг/л, гидрокарбонатные и хлоридно-гидрокарбонатные со смешанным катионным составом. В ряде случаев фильтровая часть водозаборных скважин вскрывает архей-нижнепротерозойскую водоносную зону вместе с вышележащими водоносными горизонтами и комплексами [2, 4].

Санитарно-гигиеническое состояние подземных вод определяется как природными, так и антропогенными факторами. В связи с хорошей защищенностью эксплуатируемых подземных вод толщами глинистых отложений в южной части района качество подземных вод в основном определяется природными факторами. Однако в северной части часто поземные воды слабозащищены, и в связи с этим возникает риск антропогенного загрязнения при неправильной эксплуатации скважин.

В табл. 1 для основных населенных пунктов, использующих для водоснабжения подземные воды, приведены средние и максимальные значения содержания макрокомпонентов (натрия и хлора) и суммы солей (минерализация). Здесь и далее выделены значения, превышающие нормативные величины, приведенные в СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания (Раздел III Нормативы качества и безопасности воды)».

Как видно из приведенных данных, значения концентрации хлоридов, натрия, минерализации, превышающие нормативные величины, приведенные в СанПиН 1.2.3685-21, в районе практически не фиксируются, за редким исключением.

Таблица 1

Показатели, определяющие качество подземной воды по санитарно-гигиеническим показателям

Населенный пункт	Горизонт	Содержание, мг/л									
		Cl ср.	Cl макс	Na ср	Na макс	Σ солей ср	Σ солей макс	H_2S ср	H_2S макс	NH_4 ср	NH_4 макс
Громово (станц,)	AR-PR	11,6	21,8	9,8	18,6	148,7	180,3	н/д	н/д	н/д	н/д
Запорожское	V	310,2	550	198,7	340,1	778,2	1240	0,039	0,043	0,34	0,5
Иваново	V	8	8	13,9	13,9	167,7	167,7	н/д	н/д	н/д	н/д
Коммунары	AR-PR	17,3	21	16,3	29,5	210,7	281,5	0,003	0,0073	0,35	0,7
Красно-озерное	Q	38,4	54	14,9	26	281,6	404	0,015	0,032	0,4	0,5
Кривко	V	11,6	13,9	22,6	27,1	168,9	212	0,016	0,034	0,37	0,5
Лосево	V	13,3	34,6	14,8	31	153,3	163,8	н/д	н/д	н/д	н/д
Мичуринское	V	2,8	5,8	8,9	10,6	112,1	156,5	0,065	0,24	1,2	1,8
Моторное	Q	6,6	7,5	5,17	5,5	94,6	102	0,005	0,009	0,5	0,5
Овраги	V	9	12	10,9	12,5	162,7	195	н/д	н/д	н/д	н/д
Ольховка	V	4,5	6,6	8,9	12	141,8	172,8	0,017	0,027	0,5	0,5
Орехово	V	5,8	8,7	43,9	54	239,7	249,2	н/д	н/д	н/д	н/д
Петровское	V	4,7	13,5	7,84	20	118,8	169	0,02	0,031	0,5	0,5
Петяярви	V	5,4	9,6	6,6	7,9	144,6	191,3	0,03	0,054	0,5	0,5
Починок	AR-PR	3,3	6,5	23,1	27,7	267,9	333,1	0,007	0,0076	0,93	1
Приозерск	AR-PR	217,2	241	165,4	174,2	765,1	883,8	0,003	0,004	1,4	2,6
Пятиречье	V	198,3	230,9	124,6	137,6	548,8	618,6	0,002	0,0023	0,39	0,5
Раздолье	V	6,1	7,5	10,2	16,6	119,6	135,6	0,095	0,18	0,5	0,5
Светлое	V	4,8	8,8	14,3	33	112,4	171,6	0,0038	0,0069	0,5	0,5
Снегиревка	V	17,4	26,4	40,5	58	224,7	303,7	0,054	0,068	0,44	0,5
Сосново	V	14,1	54,8	21,2	26,9	150,3	215,4	0,012	0,029	0,41	0,5
Суходолье	V	6	11,6	19,6	34,4	123,1	161	0,029	0,09	0,53	0,81
Ягодное	V	11,1	11,4	13	13	121	121	0,0077	0,011	0,5	0,5

В табл. 2 приведены средние и максимальные значения концентраций микрокомпонентов, определяющие качество воды по санитарно-гигиеническим показателям. Для Приозерского района это в первую очередь железо и марганец. Также в скважинах многих населенных пунктов фиксируются превышения ПДК фтора, бария и бора.

В табл. 3 приведены основные показатели радиационной безопасности воды подземных вод Приозерского района. Как видно из приведенных данных, в большинстве водозаборов фиксируется превышение нормативных требований по показателю удельной суммарной альфа-активности. В ряде скважин, обеспечивающих водой населенные пункты района, величина показателя удельной суммарной бета-активности приближается к единице.

Таблица 2

Микрокомпоненты, определяющие качество подземной воды
по санитарно-гигиеническим показателям

Населенный пункт	Горизонт	Содержание микроэлементов, мг/л									
		F ср.	F макс	Fe ср.	Fe макс.	Mn ср.	Mn макс	Ba ср.	Ba макс.	B ср.	B макс.
Громово (станц,)	AR-PR	1	1	0,55	0,9	0,28	0,51	0,08	0,11	0,01	0,01
Запорожское	V	1,3	1,78	0,24	0,36	0,02	0,03	0,71	1	0,37	0,53
Иваново	V	1	1	0,02	0,02	0,06	0,06	0,2	0,2	0,18	0,18
Коммунары	AR-PR	0,2	0,36	0,16	0,22	0,09	0,12	0,27	0,58	0,1	0,17
Красноозерное	Q	0,3	0,42	15,8	30,2	2,56	3,35	0,14	0,2	0,12	0,17
Кривко	V	0,98	1,05	0,12	0,19	0,04	0,05	1,43	1,45	0,27	0,29
Лосево	V	0,8	1	0,6	1,5	0,07	0,12	0,27	0,43	0,03	0,04
Мичуринское	V	1,18	1,6	0,34	0,53	0,1	0,19	0,39	0,51	0,15	0,21
Моторное	Q	0,24	0,3	2,87	2,9	0,34	0,35	0,03	0,05	0,05	0,13
Овраги	V	н/д	н/д	0,26	0,5	0,14	0,18	0,62	0,76	0,04	0,05
Ольховка	V	0,53	0,57	1,12	1,38	0,6	0,61	0,32	0,36	0,07	0,14
Орехово	V	1,84	2	0,09	0,13	0,02	0,02	0,1	0,1	0,04	0,04
Петровское	V	0,45	0,49	2,18	5,9	0,7	1,2	0,2	0,31	0,12	0,2
Петяярви	V	0,52	0,52	0,89	1,44	0,29	0,43	0,49	0,74	0,29	0,29
Починок	AR-PR	0,26	0,3	2,2	2,78	0,58	0,63	0,23	0,32	0,13	0,25
Приозерск	AR-PR	0,54	0,58	1,65	2,32	0,15	0,18	1,75	1,82	0,55	0,7
Пятиречье	V	1,46	1,58	0,13	0,2	0,02	0,02	0,15	0,2	0,4	0,48
Раздолье	V	0,57	0,7	2,18	2,8	0,53	0,64	0,7	0,86	0,13	0,25
Светлое	V	0,71	0,71	0,25	0,4	0,09	0,09	0,5	0,5	0,18	0,18
Снегиревка	V	1,3	1,54	0,12	0,3	0,01	0,02	1,75	1,92	0,3	0,45
Сосново	V	0,98	1,14	0,2	1	0,02	0,05	1,37	1,8	0,25	0,3
Суходолье	V	0,44	0,58	0,36	0,86	0,17	0,27	0,25	0,44	0,24	0,29
Ягодное	V	0,65	0,65	0,07	0,1	0,1	0,1	1	1	0,19	0,19

Таблица 3

Показатели радиационной безопасности воды

Населенный пункт	Горизонт	Показатели радиационной безопасности воды, Бк/л					
		Σ Альфа ср,	Σ Альфа макс,	Σ Бета ср,	Σ Бета макс,	Rn ср,	Rn макс,
Громово (станц.)	AR-PR	0,09	0,15	0,24	0,27	–	–
Запорожское	V	0,64	1,24	0,68	1,00	11,18	13,30
Иваново	V	0,23	0,23	0,07	0,07	14,70	14,70
Коммунары	AR-PR	0,28	0,50	0,19	0,28	28,50	42,00
Красноозерное	Q	0,23	0,36	0,22	0,35	3,83	5,00
Кривко	V	0,43	0,50	0,44	0,52	9,27	12,60
Лосево	V	0,09	0,15	0,15	0,26	36,30	39,40
Мичуринское	V	0,46	0,77	0,29	0,46	27,48	44,00
Овраги	V	0,28	0,65	0,26	0,40	11,55	15,70
Ольховка	V	0,26	0,37	0,25	0,30	13,10	19,00
Орехово	V	0,27	0,27	0,37	0,37	–	–
Петровское	V	0,18	0,39	0,19	0,34	15,44	26,50
Петяярви	V	1,13	2,60	0,55	0,95	3,55	7,00

Окончание табл. 3

Населенный пункт	Горизонт	Показатели радиационной безопасности воды, Бк/л					
		Σ Альфа ср,	Σ Альфа макс,	Σ Бета ср,	Σ Бета макс,	Rn ср,	Rn макс,
Починок	AR-PR	0,17	0,25	0,15	0,16	14,25	21,00
Приозерск	AR-PR	0,59	0,59	0,25	0,25	31,00	31,00
Пятиречье	V	1,51	1,79	0,80	0,99	12,50	14,00
Раздолье	V	0,29	0,34	0,28	0,31	11,12	12,37
Светлое	V	0,26	0,28	0,28	0,48	29,00	29,00
Снегиревка	V	0,47	0,67	0,42	0,47	7,60	11,80
Сосново	V	0,42	0,74	0,40	0,55	10,53	19,00
Суходолье	V	0,36	0,74	0,20	0,28	14,88	31,00
Ягодное	V	0,04	0,04	0,10	0,10	18,00	18,00

Наибольший вклад в суммарную альфа-активность подземных вод вносят продукты распада урана и тория – ^{226}Ra, ^{210}Po; в суммарную бета-активность – ^{228}Ra и ^{210}Pb. В табл. 4 приведены измеренные удельные активности этих радионуклидов в воде скважин, вскрывающих вендский водоносный комплекс на территории Приозерского района[1].

Таблица 4

Измеренные удельные активности природных радионуклидов в воде скважин, вскрывающих вендский водоносный комплекс на территории Приозерского района

Населенный пункт	№ скважины	Содержание, Бк/л						$\sum A_i$ / $УВ_i$
		Σ Альфа	Σ Бета	^{226}Ra	^{228}Ra	^{210}Pb	^{210}Po	
Кривко	3235	0,48	0,41	0,12	0,07	0,025	0,011	0,82
Кривко	2602/2707	0,43	0,44	0,12	0,14	0,022	0,008	1,13
Мичуринское	33201	0,76	0,46	0,2	0,045	0,019	0,006	0,78
Петяярви	1	2,6	0,95	0,055	0,1	0,02	0,005	0,76
Сосново	27113/П-10673	0,39	0,46	0,07	0,09	0,022	0,007	0,77
Сосново	56682	0,4	0,46	0,11	0,11	0,022	0,008	0,96
Сосново	74467	0,74	0,55	0,12	0,06	0,022	0,004	0,69

Из приведенных данных видно, что не во всех случаях превышения удельной суммарной альфа активности анализ содержания радионуклидов в воде показывает превышение уровней вмешательства по СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)». Тем не менее проводить мониторинг радиационных показателей воды необходимо.

В результате расширенных лабораторных исследований качества воды подземных источников Приозерского района определены перечни веществ 1-го и 2-го классов опасности, концентрации которых превышают 0,1 ПДК, а также вещества 3-го и 4-го классов опасности, превышающих 0,5 ПДК (табл. 5) [5, 6].

На основе полученных данных результатов лабораторных исследований качества воды подземных источников Приозерского района Ленинградской области

[1] Отчет ФГУП ПКГЭ. Переоценка качества подземных вод «Гдовского» водоносного горизонта в рамках современных требований радиационной безопасности / отв. исполнитель А.М. Родионова. – СПб., 2003.

проведена оценка риска здоровью населения в соответствии с руководством по оценке риска[2]. В перечень оцениваемых веществ вошли все вещества, по которым проводились лабораторные исследования. Для расчета рисков использовались средние концентрации веществ.

Таблица 5

Вещества 1-го и 2-го классов опасности, концентрации которых превышают 0,1 ПДК, и вещества 3-го и 4-го классов опасности, превышающие 0,5 ПДК

Горизонт подземных вод	Вещества 1-го и 2-го классов опасности, концентрации которых превышают 0,1 ПДК	Вещества 3-го и 4-го классов опасности, превышающие 0,5 ПДК
AR-PR	Селен, **барий**, кадмий, алюминий, хром, общая жесткость, фториды, натрий, бериллий, стронций, **бор**	**Марганец,** хлориды, **аммоний-ион,** магний, фосфат, **железо**, **сероводород**, **окисляемость перманганатная,** общая минерализация
Q	Селен, **барий,** кадмий, мышьяк, общая жесткость, фториды, натрий, бериллий, бор	**Марганец,** магний, **железо, сероводород,** окисляемость перманганатная
V	Селен, **барий,** кадмий, мышьяк, хром, общая жесткость, **фториды, натрий, бериллий,** стронций, **бор**	**Марганец, хлориды,** аммоний-ион, магний, фосфаты, **железо**, **сероводород,** окисляемость перманганатная**, общая минерализация**

Примечание: жирным шрифтом выделены вещества, превышающие 1 ПДК.

В табл. 6 приведен перечень веществ с их средними концентрациями в определенном горизонте, референтные дозы (RFD), факторы канцерогенного потенциала (SFI), а также критические органы и системы для каждого вещества. Информация о критических органах и системах взята из руководства и Федерального регистра потенциально опасных химических и биологических веществ.

Таблица 6

Перечень веществ, для которых проводится оценка риска

Вещество	Средняя концентрация, мг/л			RFD	SFO	Органы
	AR-PR	Q	V			
Se	0,002	0,002	0,002	0,005		Кожа, печень, волосы, селезенка
Ba	0,614	0,08525	0,7375946	0,07		Почки, сердечно-сосудистая система (ССС)
Cd	8,462E-05	8,333E-05	8,776E-05	0,0005	0,38	Почки, гормональная система
Pb	0,0008115	0,0007833	0,0007422	0,0035	0,047	ЦНС, периферическая нервная система (ПНС), кровь, биохимия крови, развитие, репродуктивная и гормональная системы
Al	0,0590769	0,0241667	0,03025	1		ЦНС
Co	0,0006625	0,000775	0,0009526	0,02		Кровь

[2] 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: 13.02.2022).

Окончание табл. 6

Вещество	Средняя концентрация, мг/л			RFD	SFO	Органы
	AR-PR	Q	V			
As	0,0036154	0,00595	0,00386	0,0003	1,5	Кожа, ЦНС, ПНС, ССС, иммунная система, гормональная система (диабет), желудочно-кишечный тракт (ЖКТ)
Cr	0,0027778	0,001	0,0020156	0,005		Печень, почки, ЖКТ, слизистые
Cu	0,0056	0,0058333	0,0081314	0,019		ЖКТ, печень
Zn	0,0284692	0,0027333	0,0035863	0,3		Кровь, биохимия крови (супероксиддисмутаза)
Mo	0,0012222	0,001	0,001	0,005		Почки
Mn	0,2367857	1,9093333	0,1299818	0,14		ЦНС, кровь
Нефтепродукты	0,0238833	0,014	0,0170892	0,03		почки
NO_3	1,8884615	0,2666667	0,2146296	1,6		Кровь (MetHb), ССС
NO_2	0,13075	0,12106	0,1363224	0,1		Кровь (MetHb)
NH4	0,6564	0,42	0,48	0,98		ЦНС, ПНС, дыхательная система, печень, почки, селезенка, ЖКТ, углеводный обмен, кровь, кожа, глаза; биохимия крови
F	0,2928571	0,2608333	0,9151852	0,06		Зубы, костная сист.
Na	51,033333	12,95	38,13	34,3		ССС
Mg	18,803846	14,5	8,895	11		ЦНС, дыхательная система, ССС, иммунная системы, ЖКТ, печень, почки
Ca	31,588889	27,625	17,867368	41,4		Почки, биохимия крови (алкалоз, гиперкальцинемия)
Fe	1,0064286	14,666667	0,3828	0,3		Слизистые, кожа, кровь, иммунная система
2,4-Д кислота, ее соли и эфиры	0,0001	0,0001	0,0001	0,01	0,019	Печень, почки, кровь, гормональная система, кровь
H_2S	0,0030778	0,01014	0,0197189	0,003		ЖКТ
Be	0,0001	0,0001	0,0001	0,002	4,3	ЖКТ, масса тела
Sr	0,3833333	0,2625	0,3652632	0,6		Костная система
B	0,2061111	0,0975	0,2139474	0,2		Репродуктивная система (семенники), ЖКТ, развитие (эмбриотокс.)
Ni	0,00156	0,001	0,0012196	0,02		Печень, ССС, ЖКТ, кровь, масса Тела
Hg	0,00001	0,00001	0,00001	0,0003		Иммунная и репродуктивная системы, почки, ЦНС, гормональная система

На следующем этапе произведен расчет поступления (I) химических веществ (табл. 7). Было принято, что взрослый человек будет употреблять воду из подземного водоисточника в течение всей жизни в объеме 2 л/день. На основе полученных значений поступления произведен расчет коэффициентов опасности (*HQ*) и канцерогенных рисков (*CR*), а также суммарных канцерогенных рисков.

Таблица 7

Результаты расчетов индивидуальных хронических рисков по горизонтам

Наименование	AR-PR		Q		V	
	HQ	Канц.	*HQ*	Канц.	*HQ*	Канц.
Se	0,011428571	–	0,0114286	–	0,0114286	–
Ba	0,250612245	–	0,0347959	–	0,301059	–
Cd	0,004835165	9,187E-07	0,0047619	9,04762E-07	0,0050146	9,5277E-07
Pb	0,006624804	1,09E-06	0,0063946	1,0519E-06	0,0060584	9,96611E-07
Al	0,001687912	–	0,0006905	–	0,0008643	–
Co	0,000946429		0,0011071		0,0013609	
As	0,344322344	0,0001549	0,5666667	0,000255	0,367619	0,000165429
Cr	0,015873016	–	0,0057143	–	0,0115175	–
Cu	0,008421053	–	0,0087719	–	0,0122276	–
Zn	0,002711355	–	0,0002603	–	0,0003415	–
Mo	0,006984127	–	0,0057143	–	0,0057143	–
Mn	0,048323615	–	0,3896599	–	0,0265269	–
Нефтепродукты	0,022746032	–	0,0133333	–	0,0162754	–
NO_3	0,033722527	–	0,0047619	–	0,0038327	–
NO_2	0,037357143	–	0,0345886	–	0,0389493	–
F	0,139455782	–	0,1242063	–	0,4358025	–
Na	0,042510065	–	0,0107872	–	0,0317618	–
Mg	0,048841159	–	0,0376623	–	0,0231039	–
Ca	0,021800475	–	0,0190649	–	0,0123308	–
Fe	0,09585034	–	1,3968254	–	0,0364571	–
2,4-Д кислота, ее соли и эфиры	0,000285714	5,429E-08	0,0002857	5,42857E-08	0,0002857	5,42857E-08
H_2S	0,029312169	–	0,0965714	–	0,1877987	–
Be	0,0014286	1,229E-05	0,0014286	1,229E-05	0,0014286	1,229E-05
Sr	0,018253968	–	0,0125	–	0,0173935	–
B	0,029444444	–	0,0139286	–	0,0305639	–
Ni	0,002228571	–	0,0014286	–	0,0017422	–
Hg	0,000952381	–	0,0009524	–	0,0009524	–
Суммарный канцерогенный риск	0,000169294		0,000269297		0,000179718	

Третьим этапом была суммация коэффициентов опасности по действию на критические органы и системы (табл. 8).

На последнем этапе оценки риска здоровью проведен расчет популяционных рисков в соответствии с численностью населения, употребляющего воду из рассматриваемых горизонтов (табл. 9).

Согласно полученным значениям, суммарный канцерогенный риск при употреблении вод трещиноватых пород архей-протерозоя, вод четвертичных и вендских отложений соответствует индивидуальному риску в течение всей жизни более $1 \cdot 10^{-4}$, но менее $1 \cdot 10^{-3}$, приемлемому для профессиональных групп и неприемлемому для населения в целом. Появление такого риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий.

Таблица 8

Суммарные значения коэффициентов опасности по критическим органам и системам

Критические органы и системы	Сумм. *HQ*	Ранг	Критические органы и системы	Сумм. *HQ*	Ранг	Критические органы и системы	Сумм. *HQ*	Ранг
AR-PR			Q			V		
ССС	0,7209	1	Иммунная система	2,0011	1	ССС	0,7283	1
Иммунная система	0,489	2	Кожа	1,9871	2	Гормональная система	0,5618	2
Кожа	0,4707	3	Кровь	1,9433	3	Костная система	0,4664	3
ЦНС	0,4689	4	Слизистые	1,4147	4	ЖКТ	0,4500	4
ЖКТ	0,4594	5	ЦНС	1,0133	5	ЦНС	0,4382	5
Гормональная система	0,3805	6	Гормональная система	0,6699	6	Зубы	0,4358	6
ПНС	0,3700	7	ССС	0,6556	7	Кожа	0,4295	7
Кровь	0,2749	8	ЖКТ	0,6473	8	Иммунная система	0,4272	8
Почки	0,1698	9	ПНС	0,5853	9	ПНС	0,3877	9
Костная система	0,1689	10	Почки	0,1953	10	Кровь	0,3163	10
Зубы	0,1394	11	Печень	0,1736	11	Почки	0,2760	11
Печень	0,1342	12	Костная система	0,1381	12	Печень	0,2613	12
Слизистые	0,1308	13	Зубы	0,1242	13	Слизистые	0,0620	13
Дыхательная система	0,0679	14	Дыхательная система	0,0499	14	Дыхательная система	0,0371	14
Биохимия	0,050274	15	Биохимия	0,0379	15	Биохимия	0,0327	15
Масса тела	0,0192	16	Масса тела	0,0134	16	Масса тела	0,0183	16
Углеводный обмен	0,0191	17	Углеводный обмен	0,0122	17	Углеводный обмен	0,013994	17
Глаза	0,0191	18	Глаза	0,0122	18	Глаза	0,013994	18
Волосы	0,0114	19	Волосы	0,0114	19	Волосы	0,0114	19
Селезенка	0,0114	20	Селезенка	0,0114	20	Селезенка	0,0114	20
Развитие	0,0088	21	Развитие	0,0078	21	Развитие	0,0078	21
Репродуктивная система	0,0088	22	Репродуктивная система	0,0078	22	Репродуктивная система	0,0078	22

Таблица 9

Популяционный канцерогенный риск

Горизонт	Численность населения	Суммарный канцерогенный риск	Популяционный риск
Воды трещиноватых пород архей-протерозоя (AR-PR)	19 714	0,000169294	3,337452384
Четвертичный (Q)	1194	0,000269297	0,32154022
Вендский (V)	18 991	0,000179718	3,413023622

Анализ полученных результатов популяционного канцерогенного риска свидетельствует, что вероятность развития заболеваний на протяжении всей жизни у населения, постоянно употребляющего воды трещиноватых пород архей-протерозоя, находятся на уровне 3,34, что соответствует примерно трем дополнительным случаям онкологических заболеваний в течение 70 лет. При употреблении воды четвертичных отложений на уровне 0,32 – соответствует не более чем одному случаю онкологических заболеваний в течение 70 лет. При употреблении воды вендских отложений на уровне 3,41 – соответствует примерно трем дополнительным случаям онкологических заболеваний в течение 70 лет.

Для вод трещиноватых пород архей-протерозоя уровни индивидуального хронического неканцерогенного риска при их употреблении соответствуют допустимому уровню риска (допустимый уровень менее единицы). Наибольший вклад в неканцерогенный риск обусловлен воздействием мышьяка (0,3443). Анализ хронического неканцерогенного риска при пероральном воздействии на здоровье населения показал, что в качестве наиболее уязвимых критических органов и систем выступили ССС, иммунная система, ЖКТ. Суммарный хронический неканцерогенный риск при действии на критические органы и системы соответствуют допустимому уровню.

Для вод четвертичных отложений уровни индивидуального хронического неканцерогенного риска при их употреблении соответствуют недопустимому уровню риска. Неканцерогенный риск в большей степени обусловлен воздействием железа (1,3968). Анализ хронического неканцерогенного риска здоровью населения при пероральном поступлении показал, что в качестве наиболее уязвимых критических органов и систем выступили иммунная система, кожа, кровь. Суммарный хронический неканцерогенный риск при действии на следующие критические органы и системы соответствуют недопустимому уровню риска: иммунная система, кожа, кровь, слизистые, ЦНС. На остальные критические органы и системы суммарный хронический неканцерогенный риск соответствуют допустимому уровню.

Для вод вендских отложений уровни индивидуального хронического неканцерогенного риска при употреблении соответствуют допустимому уровню риска. Наибольший вклад в неканцерогенный риск обусловлен воздействием фторид-ионов (0,4358). Анализ хронического неканцерогенного риска при пероральном воздействии на здоровье населения показал, что в качестве наиболее уязвимых критических органов и систем выступили ССС, ЖКТ, костная система. Суммарный хронический неканцерогенный риск при действии на критические органы и системы соответствует допустимому уровню.

Выводы. На административных территориях изученных населенных пунктов Волховского района Ленинградской области отмечается высокий уровень несоответствия качества подземных вод в водоисточниках гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям.

Выполненная оценка риска показала, что употребление населением подземных вод Приозерского района создает недопустимый канцерогенный риск здоровью населения.

Также было получено недопустимое значение хронического неканцерогенного риска при употреблении вод четвертичных отложений. Наибольший вклад в значение коэффициента опасности вносит воздействие железа. Получен недопустимый уровень риска по следующим критическим органам и системам: иммунная система, кожа, кровь, слизистые, ЦНС.

Однако в населенных пунктах д. Светлое, п. Сосново, эксплуатирующих вендский водоносный горизонт (V), и д. Красноозерное, эксплуатирующем четвертичный водоносный горизонт (Q), применяются системы водоподготовки, включающие мешочный грубый фильтр, сорбционную установку, тонкий мешочный фильтр и дезинфекцию воды методом хлорирования. В остальных населенных пунктах района на подземных источниках водоснабжения водоподготовка либо не используется, либо применяется только отстаивание с обеззараживанием. В целом по району нет опубликованных данных о применении специальных методов водоподготовки, следовательно, химический состав подземной воды не изменяется.

Таким образом, полученные значения канцерогенного и неканцерогенного рисков справедливы для всех поселений, кроме д. Светлое, п. Сосново и д. Красноозерное.

Список литературы

1. Анализ международного законодательства в области обеспечения защиты подземных источников водоснабжения (обзор литературы) / Д.С. Борисова, Г.Б. Еремин, А.М. Никуленков [и др.] // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 8. – С. 797–802.

2. Геологический отчет. Создание современной гидрогеологической карты Ленинградского артезианского бассейна масштаба 1:500 000 с выявлением условий локализации питьевых подземных вод, различных по защищенности водоносных горизонтов и качеству воды / Е.А. Шебеста, В.Б. Ершова, М.Л. Марков [и др.]. – СПб.: ПКГЭ, 2007. – 690 л.

3. Гигиеническая оценка качества воды подземных источников питьевого водоснабжения населенных пунктов Приозерского района Ленинградской области (ЛО): Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021623139 Российская Федерация / Г.Б. Еремин, С.А. Горбанев, И.О. Мясников [и др.] / База данных № 2021623036: заявл. 13.12.2021: опубл. 23.12.2021; заявитель ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

4. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия: Балтийская. Лист P-(35),36 – Петрозаводск: объяснительная записка / А.В. Максимов, Ю.Б. Богданов, О.А. Воинова [и др.]. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. – 400 с.

5. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий / утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 года № 3 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/573536177 (дата обращения: 13.02.2022).

6. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания / утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 года № 2 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: Электронный фонд правовых и

нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/573500115 (дата обращения: 13.02.2022).

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

Определение мелкодисперсных фракций взвешенных частиц в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной зоны фармацевтического предприятия

Е.А. Сухих, А.А. Крылов, М.В. Антипьева, Т.С. Уланова

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

Приведены исследования по определению максимальных разовых и среднесуточных концентраций мелкодисперсных частиц PM_1, $PM_{2.5}$, PM_4, PM_{10}, Total в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной зоны одного из предприятий промышленного фармацевтического кластера. Измерения выполняли с помощью анализатора аэрозолей DustTrak мод. 8533.

Проведен анализ процентной доли каждой фракции взвешенных частиц в составе общей пыли. Оценен вклад исследуемых мелкодисперсных фракций в загрязнение атмосферного воздуха.

В результате исследований превышений предельно допустимых максимальных разовых концентраций нормируемых мелкодисперсных частиц $PM_{2.5}$ и PM_{10} не выявлено. Значение среднесуточной концентрации PM_{10} зафиксировано на уровне $ПДК_{сс}$.

Ключевые слова: мелкодисперсные фракции, атмосферный воздух, фармацевтическая промышленность, санитарно-защитная зона (СЗЗ), предельно допустимая концентрация (ПДК).

Мелкодисперсные фракции взвешенных частиц в окружающей среде представляют значительный исследовательский интерес из-за их негативного воздействия на качество атмосферного воздуха и на здоровье населения [9]. Проблемы загрязнения воздушной среды в городах мелкодисперсной пылью в большей степени связаны с выбросами автотранспорта и промышленных предприятий. Химико-фармацевтические предприятия являются одним из объектов, оказывающих влияние на качество атмосферного воздуха [2, 7, 8].

Эпидемиологические исследования во всем мире показали, что длительное пребывание в воздухе, загрязненном взвешенными мелкодисперсными частицами, ухудшает дыхательную систему, вызывает респираторные заболевания, сердечно-сосудистые заболевания, аллергические реакции, астму [9, 10, 11].

По данным научной литературы человек каждую минуту вдыхает от 5 до 10 л воздуха, в сутки ему требуется воздуха от 10 до 12 м^3, что превосходит среднесуточную потребность в пище и воде [7]. Следовательно, нормальная жизнедеятельность населения требует не только наличия воздуха, но и его определенной чистоты [7].

Для оценки негативного воздействия работы фармацевтического предприятия на состояние экосистемы территориальным управлением Роспотребнадзора разрабатывается программа натурных исследований и измерений качества атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны. В программе прописаны контрольные точки, контролируемые вещества, кратность определения в течение дня, количество дней, периоды года, необходимые для проведения исследований. В зависимости от размера санитарно-защитной зоны и близости к населенным пунктам в программу исследований, помимо вредных химических и физических факторов, взвешенных веществ, в последнее время включается такой показатель, как мелкодисперсные фракции взвешенных веществ ($PM_{2.5}$, PM_{10}).

Согласно СанПину 1.2.3685-21 [5] в Российской Федерации нормируется содержание мелкодисперсных взвешенных частиц $PM_{2.5}$ и PM_{10} в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические стандарты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации мелкодисперсных взвешенных частиц $PM_{2.5}$ и PM_{10} в атмосферном воздухе населенных мест (СанПин 1.2.3685-21)

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м^3	
	максимальная разовая (период осреднения 20 мин)	среднесуточная
PM_{10}	0,3	0,06
$PM_{2.5}$	0,16	0,035

Примечание: для вышеуказанных веществ установлены следующие предельно допустимые среднегодовые концентрации: взвешенные частицы PM_{10} – 0,04 мг/м^3; взвешенные частицы $PM_{2.5}$ – 0,025 мг/м^3.

Современная фармацевтическая промышленность является важнейшей и материалоемкой отраслью. Спецификой фармацевтических предприятий является применение большого количества химических веществ. По международной классификации фармацевтическое производство относится к группе экологически опасных [1]. Степень возможного загрязнения зависит от применяемых химических веществ, технологических особенностей предприятия, состояния производственного оборудования, наличия очистных сооружений [7].

Цель исследования – определение концентраций мелкодисперсных фракций взвешенных частиц $PM_{2.5}$, PM_{10}, а также PM_1, PM_4, Total (фракции пыли от 10 до 15 мкм) и их процентной доли в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной зоны фармацевтического предприятия.

Материалы и методы. Определение мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе выполнялось с помощью лазерного анализатора аэрозолей DustTrak мод.8533 в режиме реального времени. Принцип работы прибора – лазерная нефелометрия, основанная на регистрации рассеянного оптического излучения. Согласно техническим характеристикам анализатора, диапазон массовых концентраций анализатора: 0,01–150 мг/м^3, диапазон размеров регистрируемых частиц 0,1–15 мкм.

Согласно программе натурных исследований и измерений качества атмосферного воздуха, исследование выполняли в теплое время года с июня по сентябрь на двух точках, которые располагались на границе санитарно-защитной зоны фармацевтического предприятия. Точка № 1 граничила с другим промышленным предприятием. На каждой точке было проведено 30 максимальных разовых замеров и один замер среднесуточной концентрации мелкодисперсных частиц на точке № 2.

Исследования атмосферного воздуха проводили в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов» [3]. Анализатор пыли DustTrak устанавливали на высоту 1,5 м от поверхности земли. Длительность измерений максимальных разовых концентраций мелкодисперсных частиц составляла 30 мин. Среднесуточную концентрацию определяли как среднеарифметическое значение разовых концентраций. Измерения проводили через равные промежутки времени: 01:00, 7:00, 13:00, 19:00.

Результаты. На границе санитарно-защитной зоны промышленного фармацевтического предприятия, специализирующегося в основном на изготовлении твердой лекарственной формы, получаемой путем прессования порошков и гранул или путем формования специальных масс [6], было проведено исследование содержания мелкодисперсных взвешенных частиц в атмосферном воздухе.

Результаты исследования максимальной разовой концентрации мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе представлены в табл. 2.

Таблица 2

Средние значения концентрации мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе на двух исследовательских точках

Точка измерений	Средняя максимальная разовая концентрация ± Δ, мг/м^3,				
	PM_1	$PM_{2,5}$	PM_4	PM_{10}	Total
Точка № 1	0,016 ± 0,003 (НПО…0,051)	0,022 ± 0,004 (НПО…0,069)	0,027 ± 0,005 (НПО…0,078)	0,043 ± 0,008 (НПО…0,159)	0,063 ± 0,012 (0,01…0,236)
Точка № 2	0,014 ± 0,003 (НПО…0,045)	0,018 ± 0,004 (НПО…0,055)	0,022 ± 0,004 (НПО…0,059)	0,035 ± 0,007 (0,01…0,092)	0,053 ± 0,01 (0,02…0,173)

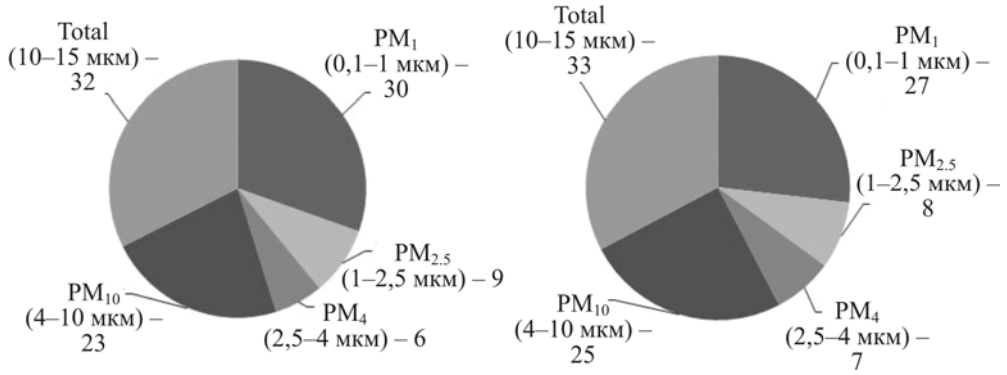
Примечание: НПО – нижний предел обнаружения по прибору: $PM_{2,5}$ – 0,01 мг/м³, PM_{10} – 0,01 мг/м³.

По данным табл. 2 превышений максимальных разовых предельно допустимых концентраций мелкодисперсных частиц на обеих точках на момент исследования не зафиксировано. На точке № 1, находящейся на границе с другим промышленным предприятием, полученные значения выше, чем на точке № 2.

Анализ процентной доли каждой фракции в общей пыли на точках № 1 и № 2 показан на рис. 1.

Данные рис. 1 иллюстрируют, что процентное содержание нормируемых фракций $PM_{2.5}$ и PM_{10} составляет на первой точке 9 и 23 % соответственно, на второй точке $PM_{2.5}$ – 8 %, PM_{10} – 25 %. Установлено, что по отношению к объему всех частиц фракция размером до 1 мкм (PM_1) составляет на первой точке 30 %, на второй – 27 %. Опасения вызывает тот факт, что чем меньше размеры пылевых частиц, тем большую биологическую активность они проявляют [4].

Результаты измерений среднесуточной концентрации мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе на точке № 2 представлены в табл. 3.



а *б*

Рис. 1. Процентная доля измеряемых мелкодисперсных фракций:
а – на точке № 1; *б* – на точке № 2

Таблица 3

Концентрации мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе на точке № 2

Точка измерений	Время измерений	Максимальная разовая концентрация ± Δ, мг/м^3				
		PM_1	$PM_{2,5}$	PM_4	PM_{10}	Total
Точка № 2	01:00	0,011 ± 0,0022	0,014 ± 0,0028	0,018 ± 0,0036	0,027 ± 0,003	0,047 ± 0,004
	07:00	0,016 ± 0,0032	0,021 ± 0,0042	0,025 ± 0,005	0,034 ± 0,003	0,059 ± 0,018
	13:00	0,01 ± 0,002	0,014 ± 0,0028	0,018 ± 0,0036	0,031 ± 0,003	0,051 ± 0,012
	19: 00	0,015 ± 0,003	0,032 ± 0,0064	0,052 ± 0,0104	0,125 ± 0,013	0,203 ± 0,046
Среднесуточная концентрация ± Δ, мг/м^3						
Точка № 2		0,013 ± 0,003 (0,01…0,016)	0,020 ± 0,004 (0,014…0,032)	0,028 ± 0,006 (0,018…0,052)	0,054 ± 0,005 (0,027…0,125)	0,09 ± 0,018 (0,047…0,203)

По данным табл. 3 превышений предельно допустимых максимальных разовых концентраций мелкодисперсных фракций взвешенных частиц не выявлено. Наибольшая концентрация определяемых частиц зафиксирована в вечернее время в 19:00. Пик пришелся на частицы размером 10 мкм и выше. Среднесуточная концентрация частиц PM_{10} зафиксирована на уровне $ПДК_{сс}$ – 0,06 мг/м^3.

При определении среднесуточной концентрации мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе проанализировали процентный вклад каждой фракции в общий объем пылевых частиц. Анализ процентной доли измеряемых мелкодисперсных фракций на точке № 2 показан на рис. 2.

Данные рис. 2 демонстрируют, что процентное содержание нормируемых фракций $PM_{2.5}$ и PM_{10} в общей пыли составляет 8 % и 31 % соответственно. Сравнивая полученные данные с максимальными разовыми измерениями, выявлено увеличение процентной доли частиц PM_{10} на 6–8 %.

Выводы. Таким образом, в результате проведенного исследования на границе санитарно-защитной зоны фармацевтического предприятия превышений предельно допустимых максимальных разовых концентраций мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе не обнаружено. Анализ процентного содержания пылевых частиц показал, что весомый вклад в состав общей пыли вносят частицы размером менее 1 мкм (PM_1) и частицы размером от 10 до 15 мкм (Total).

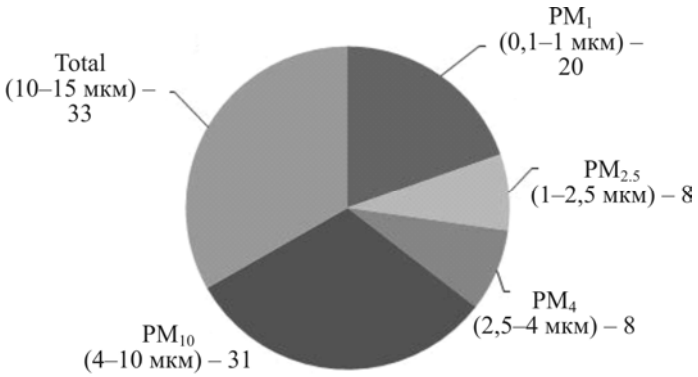


Рис. 2. Процентная доля измеряемых мелкодисперсных фракций на точке № 2 при среднесуточном измерении

При среднесуточном исследовании атмосферного воздуха показатель PM_{10} зафиксирован на уровне $ПДК_{сс}$.

Таким образом, в связи с опасностью загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными фракциями взвешенных частиц необходимо проведение мониторинга атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны предприятия химико-фармацевтического производства и установление доли мелкодисперсных частиц в выбросах смежного предприятия.

Список литературы

1. Гигиенические аспекты состояния здоровья работающих в химико-фармацевтическом производстве / Л.Г. Горохова, Н.А. Мартынова, Н.В. Кизиченко [и др.] // Медицина в Кузбассе. – 2017. – Т. 16, № 3. – С. 11–16.

2. Глинянова И.Ю., Фомичев В.Т. Скрытые источники природного загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперной пылью как проблема экологической безопасности в населенных пунктах: методологический аспект // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2020. – №. 2. – С. 3–59.

3. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ekan.ru/sites/docs/GOST-17-2-3-01-86.pdf (дата обращения: 10.03.2022).

4. Колпакова А.Ф., Шарипов Р.Н., Колпаков Ф.А. Загрязнения воздуха взвешенными частицами как фактор риска сердечно-сосудистых заболеваний // Гигиена и санитария. – 2017. – № 96 (2). – С. 133–137.

5. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс] / утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 года № 2. – URL: https://docs.cntd.ru/document/573500115 (дата обращения: 02.03.2022).

6. Таблетки. Материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BA%D0%B8 (дата обращения: 16.03.2022).

7. Экология фармацевтической промышленности / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин. – Воронеж, 2020. – 170 с.

8. Cleaner production aspects of tablet coating process in pharmaceutical industry: problem of VOCs emission / Z. Boltic, N. Ruzic, M. Jovanovic [et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2013. – Vol. 44. – P. 123–132.

9. Differential toxicities of fine particulate matters from various sources / M. Park, H.S. Joo, K. Lee [et al.] // Scientific reports. – 2018. – Vol. 8, № 1. – P. 1–11.

10. Fine Dust Creation during Hardwood Machine Sanding / M. Pędzik, T. Rogoziński, J. Majka. [et al.] // Applied Sciences. – 2021. – Vol. 11, Iss. 14 – P. 6602. DOI: 10.3390/app11146602.

11. Gupta S., Soni P., Gupta A.K. Optimization of WD-XRF analytical technique to measure elemental abundance in $PM_{2.5}$ dust collected on quartz-fibre filter // Atmospheric Pollution Research. – 2021. – Vol. 12, №. 3. – P. 345–351.

Гигиеническая оценка эффективности использования наилучших доступных технологий (на примере объектов по обращению с отходами)

Т.К. Татянюк, Н.С. Додина, Т.А. Шашина, Н.А. Гореленкова, В.А. Кислицин

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи, Россия

Сложившаяся в стране неблагоприятная ситуация с загрязнением окружающей среды и состоянием здоровья населения в регионах России в совокупности с неэффективностью или недостаточностью природоохранных мероприятий (что часто объясняется экономическими и техническими причинами) настоятельно требует изменения и разработки новых подходов государственного регулирования. Одним из способов изменить ситуацию может стать переход промышленности на принципы наилучших доступных технологий с использованием современных ресурсо- и энергосберегающих инноваций. Объектом исследования является применение наилучших доступных технологий на объектах по обращению с отходами.

Проанализированы методологии разработки, внедрения, применения наилучших доступных технологий на предприятиях с оценкой действенности политики в сфере применения наилучших доступных технологий (НДТ) на промышленных объектах и эффективности их использования для снижения негативного воздействия на здоровье населения на территории Российской Федерации. Проанализированы законодательно-правовые нормы по внедрению НДТ на территории Российской Федерации. Представлены процедуры внедрения НДТ, представляющих собой совокупность экономически целесообразных и технически реализуемых технологических, технических и управленческих решений, применение которых позволяет добиться высокой экологической и ресурсной эффективности производства и обеспечить надежный уровень защиты окружающей среды. Представлены обобщенные данные, свидетельствующие о том, что переход к НДТ предполагает развитие технологического

регулирования в сфере охраны окружающей среды. Представлен анализ действенности политики в сфере определения и внедрения НДТ в Российской Федерации.

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии (НДТ), справочники ИТС НДТ, законодательно-правовые нормы и процедуры внедрения НДТ, эффективность внедрения НДТ.

Одной из актуальных задач развития отечественной промышленности, повышения ее конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности [6] является стимулирование рационального и эффективного использования материальных, финансовых и природных ресурсов и внедрение ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий. Во всех стратегических документах Российской Федерации, касающихся развития промышленности, делается акцент на необходимости разумного природопользования и уменьшения степени техногенного воздействия на окружающую среду [5, 8]. Представителям промышленности и природоохранных органов предписывается соблюдать разумный баланс между экологичностью производства, финансовыми возможностями предприятий и общей экономической ситуацией в стране.

Государственное регулирование, осуществляемое с помощью внедрения наилучших доступных технологий, должно способствовать достижению технологического лидерства российской промышленности и улучшения позиций РФ на мировых рынках продукции при одновременном снижении негативного воздействия производственных предприятий на окружающую среду и здоровье населения.

Анализ опыта реализации и гармонизации политики в области наилучших доступных технологий (НДТ) показал, что в Евросоюзе созданы справочники по НДТ с их пошаговым описанием для каждой отрасли промышленности. Положения этих справочников должны учитываться при определении условий выдачи экологического разрешения, представляющего собой конкретные условия осуществления производственной деятельности для объектов, которые являются наиболее значительными потенциальными источниками загрязнения окружающей среды и риска здоровью населения.

Концепция НДТ получила развитие как основной инструмент, основанный на фактических данных и позициях многих заинтересованных сторон, который поддерживает установление юридически обязательных предельных значений эмиссий в экологических разрешениях с целью эффективного предотвращения и контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, их сбросов в водные объекты и поступления в почву, призванный обеспечить высокий уровень защиты окружающей среды и охраны здоровья человека. НДТ и аналогичные концепции представляют собой необходимые элементы для определения предельных уровней эмиссий и других условий выдачи экологических разрешений в различных странах.

Законодательную базу перехода на НДТ сформировал Федеральный закон от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации», который затрагивает основы деятельности в области экологической безопасности с поэтапным, рассчитанным на длительный период внедрением НДТ.

В настоящее время законодательство в области НДТ имеет сложную структуру. Рамочные требования, непосредственно касающиеся НДТ, отражены во многих нормативно-правовых актах.

Основополагающим для перехода на НДТ является Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», который в том числе определяет понятие НДТ.

Положения федерального закона взаимосвязаны с распределением объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, на категории и применимы в обязательном порядке к объектам I категории, критерии выделения которых установлены именно по принадлежности к областям применения НДТ. Поэтому при внедрении НДТ необходимо принимать во внимание правовые нормы, установленные как непосредственно в отношении объектов, относящихся к областям применения НДТ, так и к объектам I категории.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 января 2018 г. № 84-р утверждена Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 г.

По итогам реализации проекта в России появится современная инфраструктура, обеспечивающая безопасное обращение как с твердыми коммунальными отходами, так и опасными отходами. К концу 2024 г. в стране будут работать семь специальных комплексов по обработке, утилизации и обезвреживанию опасных отходов.

Планируется ликвидировать все несанкционированные свалки в городах (191 незаконная свалка) и самые опасные объекты накопленного экологического вреда (брошенные предприятия, места скопления промышленных отходов и т.д.) (43 «наиболее опасных объектов накопленного экологического вреда»). В рамках этого направления к 2024 г. улучшится качество жизни 20 млн человек.

Планируется, что масштабная модернизация системы обработки, утилизации и обезвреживания отходов повлечет за собой снижение химической нагрузки на окружающую среду. Однако при реализации данного процесса необходимо уделять внимание снижению негативного воздействия не только на окружающую среду, но и подходить с позиции минимизации риска здоровью населения от воздействия подобных объектов негативного химического воздействия.

Федеральный закон № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [7] (с изменениями и дополнениями), определяющий правовые основы обращения с отходами производства и потребления, в том числе в целях вовлечения отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья, завершил создание основ указанной нормативно-правовой базы.

Нормативный запрет на захоронение отходов, пригодных ко вторичному использованию, призван переломить сложившуюся ситуацию в области обращения с отходами. Опыт работы с ТКО в части выработки и потребления альтернативного топлива при производстве цемента позволяет считать это направление одним из приоритетных для решения проблемы обращения с ТКО в РФ.

С этой целью целесообразно строительство мусоросортировочных комплексов (МСК) для извлечения вторичных ресурсов и топливных фракций из массы ТКО, а остатки от сортировки («хвосты») должны обезвреживаться и захораниваться на полигонах. Местоположение МСК и мусороперегрузочных станций определяется исходя из конкретных условий при разработке территориальных схем обращения с отходами. В зависимости от оснащения МСК возможно извлечение из потока отходов от 5 до 70 % вторичного сырья и до 25 % топливных фракций. При макси-

мальном оснащении МСК и возможности сбыта продукции лишь чуть больше 15 % отходов, поступивших на МСК, отправится на полигон[1] [1–4, 9, 11].

Оценка эффективности применения НДТ на проектируемых комплексах по переработке отходов в части снижения негативного воздействия на население возможна в рамках санитарно-эпидемиологических экспертиз проектных материалов по обоснованию достаточности размеров санитарно-защитных зон (СЗЗ). Так на настоящий момент рассмотрено несколько проектных материалов по обоснованию СЗЗ комплексов по переработке и размещению отходов ТКО (КПО «Солопово» г.о. Зарайск; КПО «Прогресс» г.о. Рошаль; КПО «Юг» г.о. Коломенский; КПО «Восток» г.о. Егорьевский; завод по термическому обезвреживанию ТКО МО г.о. Богородский). Таким образом проанализировано семь объектов, проектируемых или уже функционирующих на территории Московской области.

Справочники НДТ имеют комплексный характер в части методов управления, технического и технологического описания обращения с различными видами отходов, включая твердые бытовые отходы (ТБО).

Разработанные в субъектах Российской Федерации территориальные схемы в области обращения с отходами позволили в большинстве случаев осуществить количественную оценку существующих объемов образования, определить потоки движения в основном твердых коммунальных отходов, провести инвентаризацию санкционированных и нелегальных мест их захоронения.

В соответствии с Территориальной схемой обращения с отходами Московской области, утвержденной Постановлением Правительства Московской области от 22.12.2016 № 984/47 «Об утверждении Территориальной схемы обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, Московской области», Московская область разделена на семь кластеров – Сергиево-Посадский, Ногинский, Рузский, Чеховский, Каширский, Воскресенский, Алексинский, обслуживающие закрепленные за ними территории.

Технологические решения, используемые в проектах СЗЗ комплексов по переработке отходов на основе информационно-технических справочников НДТ на примере КПО «Солопово», расположенного в г.о. Зарайск:

♦ сортировка ТКО: посредством автоматизированной линии сортировки происходит разделение ТКО на три основных потока: вторичное сырье (15 %), органические отходы для компостирования (35 %), инертные фракции / захоронение на полигоне (50 %); помимо основного оборудования и конвейеров в состав каждой линии сортировки ТКО входит специализированное оборудование, обеспечивающее увеличение «глубины» сортировки;

♦ прессование и брикетирование «хвостов» сортировки ТКО;

♦ компостирование отсева;

♦ система сбора и очистки фильтрата;

♦ система утилизации очищенных стоков;

♦ рекультивация «старой» карты полигона;

♦ система сбора и утилизации свалочного газа, выполняющая задачи по контролю миграции свалочного газа за пределы тела полигона, уменьшению риска по-

[1] Бушихин В.В. Альтернативное топливо и его применение при производстве цемента: докл. на Международном цементном форуме. – М., 2007; Диоксины и фураны при производстве цемента. Результаты измерений 2010–2014 гг. / В.В. Бушихин, А.Ю. Ломтев, А.Г. Будко, В.М. Пахтинов // Экология производства. – 2015. – № 3.

жароопасности и взрывоопасности, устранению неприятного запаха, улучшению состояния атмосферного воздуха (выполнение нормативных требований).

Оценка политик в сфере определения и внедрения НДТ в странах мира, включая Российскую Федерацию, является неоценимым инструментом и для органов, отвечающих за формирование и реализацию политики, и для отраслевых операторов, поскольку она информирует и облегчает разработку более эффективных и адаптированных НДТ и предельных значений эмиссий в экологических разрешениях. Более того, оценивание действенности политики в сфере НДТ может быть полезным для демонстрации эффективности экологической политики в целом, ее способности обеспечить адекватные результаты и убедить общественность и политиков в их важности.

Целью политики в сфере НДТ, как правило, является снижение воздействия промышленных процессов на окружающую среду экономически эффективным образом, без ущерба другим аспектам (в отличие от уменьшения воздействия на окружающую среду путем закрытия промышленных предприятий), способствуя повышению уровня защиты окружающей среды в целом. Эта цель часто сопровождается конкретными количественными задачами с четко определенным графиком их достижения.

Если оценки делаются на основании достаточной объективной информации и передовой исследовательской практики, то они приведут к значимым сведениям о функционировании инструмента политики. В то время как количественные данные обеспечивают наиболее надежное оценивание результатов реализации политики в сфере НДТ, качественные данные могут дополнять анализ и предоставлять полезную информацию о восприятии политики различными заинтересованными сторонами, но часто могут быть необъективными.

НДТ представляют собой один из основных механизмов реализации экологической промышленной политики России. Для выполнения приоритетных национальных задач необходимо обеспечить переход более 7 тыс. объектов I категории к системе нормирования, основанной на НДТ. Все объекты I категории в Российской Федерации должны будут подать заявки на получение комплексных экологических разрешений на основе НДТ до конца 2024 г. Как только объекты получат разрешения, у них будет максимум четыре года для оснащения источников выбросов и сбросов загрязняющих веществ системами автоматического контроля (в соответствии с установленными требованиями) и семь лет для реализации ППЭЭ (если объект не соответствует требованиям технологических показателей НДТ на момент получения разрешения). Всесторонняя оценка действенности политики в сфере НДТ в России еще не проводилась.

Переход к НДТ предполагает развитие технологического регулирования в сфере охраны окружающей среды, регулирования, основанного на разработке и принятии выполнимых норм, которые последовательно совершенствуются, ужесточаются и служат движущей силой модернизации производства и внедрения инноваций. Инструменты поддержки отечественных предприятий, обязанных соблюдать требования НДТ и реализовывать программы повышения экологической эффективности (ППЭЭ), формируются в рамках экологической промышленной политики[2]. Определить НДТ – означает определить условия, которым должны со-

[2] Федеральный проект «Внедрение наилучших доступных технологий / утв.21.12.2018 протоколом № 3 заседания Проектного комитета по национальному проекту «Экология». – М., 2018.

ответствовать предприятия той или иной отрасли для того, чтобы получить комплексные экологические разрешения, а также методы, с помощью которых эти условия достигаются.

Анализ нормативно-правовых и методических документов, отражающих внедрение НДТ, показал, что большое внимание уделяется оценке влияния на окружающую среду, оценке ущерба (вреда) окружающей среде. По действующим методикам вред, причиненный окружающей среде, рассчитывается в стоимостном выражении только по степени повреждения природных объектов, при этом вред (ущерб) здоровью населения, причиняемый загрязнением атмосферного воздуха, водных объектов и почв, в оценку не включается, что делает малоэффективным применение адекватных причиняемому ущербу экономических инструментов. Вместе с тем согласно отечественных и международных исследований около 95 % экономического ущерба от загрязнения окружающей среды приходится на ущерб, связанный с неблагоприятным воздействием на здоровье, который может выражаться в росте заболеваемости и смертности населения, обусловленных, например, выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух (см. [11]). Оценка эффективности внедрения НДТ должна затрагивать не только оценку воздействия на окружающую среду, но и на состояние здоровья населения, находящегося под воздействием химических веществ, загрязняющих окружающую среду в результате деятельности промышленных предприятий. И данная оценка должна проводиться как до, так и после внедрения НДТ, то есть в обязательном порядке следует проводить оценку остаточного риска здоровью населения после внедрения НДТ.

Список литературы

1. Альтернативное топливо из твердых бытовых отходов / В.В. Бушихин, А.Ю. Ломтев, А.Г. Будко, В.М. Пахтинов // Твердые бытовые отходы. – 2015. – № 4. – С. 38–41.

2. Бушихин В.В., Колтон Г.П., Ломтев А.Ю. RDF из ТКО // Твердые бытовые отходы. – 2016. – № 5. – С. 14–17.

3. Бушихин В.В., Колтон Г.П., Ломтев А.Ю. Альтернативные топлива для применения в цементной промышленности // Рециклинг, переработка отходов и чистые технологии: сб. мат. XI Межд. науч.-практ. конф. – М., 2015. – С. 95–105.

4. Гигиенические аспекты использования альтернативного топлива из твердых коммунальных отходов на цементных заводах / А.О. Карелин, В.В. Бушихин, А.Ю. Ломтев, Г.Б. Еремин, А.В. Мельцер // Профилактическая и клиническая медицина. – 2016. – № 1 (58). – С. 12–14.

5. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Российской Федерации от 07 мая 2018 г. № 204 [Электронный ресурс] // Президент России: официальный сайт. – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027 (дата обращения: 26.02.2022).

6. О промышленной политике в Российской Федерации: Федеральный закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ (от 20.07.2020 № 225-ФЗ) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_ doc_LAW_173119/ (дата обращения: 26.02.2022).

7. Об отходах производства и потребления: Федеральный закон № 89-ФЗ от 24.06.2002 г. (в ред. от 02.07.2021 № 356-ФЗ) [Электронный ресурс] // Консультан-

тПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/ cons_doc_LAW_19109/ (дата обращения: 26.02.2022).

8. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности»: Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 328 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162176/ (дата обращения: 26.02.2022).

9. Проблемы использования альтернативных видов топлива различной природы в цементной промышленности. Опыт внедрения / В.В. Бушихин, А.Ю. Ломтев, А.Г. Будко, В.М. Пахтинов // Алитинформ. – 2015.– № 1. – С. 34.

10. Соловьева С.В., Фильченкова О.А., Медведева О.Е. Оценка ущерба (вреда) от загрязнения атмосферного воздуха для стимулирования внедрения наилучших доступных технологий в России // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2019. – № 9 (216). – С. 35–45.

11. Топливо из ТКО в современной России / А.Ю. Ломтев, В.В. Бушихин, Г.П. Колтон [и др.] // Твердые бытовые отходы. – 2015. – № 10. – С. 20–22.

Безопасность продуктов питания в Республике Татарстан: контроль и оценка риска остаточных количеств ДДТ в основных группах продукции

С.Ф. Фомина, Н.В. Степанова, Г.Г. Малудзе, Э.Р. Валеева, Е.П. Кузнецова, О.М. Закирова

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
Институт фундаментальной медицины и биологии,
г. Казань, Россия

Информация об остаточных количествах дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ) в пищевых продуктах и рационе питания имеет важное значение для оценки риска здоровью населения Республики Татарстан. Проведен анализ потребления пищевых веществ с рационом питания детьми в возрасте 3–6 лет г. Казани хронометражно-весовым методом и дана оценка неканцерогенного риска для здоровья, обусловленная поступлением ДДТ с основными группами продуктов. Расчет экспозиции и неканцерогенного риска остаточных количеств ДДТ, поступающих с продуктами питания, был проведен за 2014–2018 гг. на основании медианы и 95-th Perc по результатам лабораторных исследований ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан» в соответствии с нормативными документами. Расчетное суточное поступление (EDI) для суммы всех соединений ДДТ для детей составило на уровне 95-th perc 0,0023 мг/кг/сут, что в 2 раза превышает рекомендованные допустимые суточные дозы (ADI), установленные ФАО/ВОЗ. Согласно СанПиН 1.2.3685-21, полу-

ченные значения составляют 27,5 и 90,2 % от допустимой суточной дозы (ДСД), установленной для детей (0,0025 мг/кг). Поступление с пищей является основным путем воздействия ДДТ среди детей г. Казани.

Ключевые слова: ДДТ, экспозиция, пищевые продукты, дети, неканцерогенный риск.

Дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ), относится к устаревшим хлорорганическим пестицидам (ХОП), который на протяжении многих десятилетий используется в некоторых странах против опасных насекомых, переносчиков малярии (Индия, некоторые страны Африки, Центральной и Южной Америки) или клещевого энцефалита (Россия) [12, 13]. Несмотря на то что в 1969–1970 гг. ДДТ был исключен из официального списка пестицидов, используемых в СССР, но и в настоящее время он продолжает оставаться одним из наиболее распространенных и опасных токсикантов и включен в обязательный перечень контроля за химической безопасностью пищевых продуктов [11, 18]. Однако существующий на сегодняшний день подход к организации лабораторных исследований в рамках сопровождения надзорных мероприятий не позволяет в полной мере реализовывать стратегию обеспечения пищевой безопасности: несмотря на большое количество проводимых исследований, процент выявляемых нарушений обязательных требований сохраняется на низком уровне, при этом остаются без внимания многие показатели, характеризующие безопасность продукции и сырья [2, 3].

Актуальность проблемы, обусловленная влиянием пестицидов, в том числе и ДДТ, связана не только с их общетоксическим действием, но и возможными отдаленными последствиями, среди которых особое беспокойство вызывают эндокринные нарушения, мутагенные и канцерогенные эффекты [6, 7, 15, 17]. Управление гигиенической безопасностью продуктов входит в число приоритетных задач государственной политики в области здорового питания и является необходимым условием обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения [7].

Охрана здоровья населения регулируется посредством установления предельно допустимых значений остаточной концентрации пестицидов в продуктах питания и объектах окружающей среды. Методология оценки рисков в РФ и в международных организациях рассматривается как ведущий инструмент обеспечения безопасности пищевой продукции. Важными является регулярные исследования по оценке риска остаточных количеств пестицидов, реально присутствующих не только в пищевых продуктах, но и в питьевой воде и других объектах. Принимая во внимание ограниченность доказательной базы в этой области, современные исследования на региональном уровне с использованием методологии риска и вероятностных подходов являются весьма своевременными.

Цель исследования – на основе анализа потребления пищевых веществ с рационом питания детей в возрасте 3–6 лет провести оценку неканцерогенного риска для здоровья, обусловленную поступлением ДДТ с основными группами продуктов питания.

Материалы и методы. Оценка баланса потребления продуктов питания детей г. Казани включала изучение индивидуального и семейного питания (анкетно-опросный метод). Питание в детском дошкольном учреждении г. Казани у детей в возрасте 3–6 лет оценивалось хронометражно-весовым методом [9, 10]. Оценка экспозиции остаточных количеств ДДТ по медиане и 95-th Perc, поступающих с продуктами питания, и уровня неканцерогенного риска проводилась по результатам протоколов

лабораторных испытаний ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан» за 2014–2018 гг. в 10 группах продуктов в соответствии с МУ 1.2.3216-14 [4], Р 2.1.10.1920-04 [5] и Руководством [8]. В ситуациях, когда значение количества содержания ДДТ в ПП составляло ниже предела обнаружения метода исследования, варианты в выборке более 60 % значения рассматривались как «нулевые»; менее 60 % значения рассматривались как число, равное ½ значения предела чувствительности метода исследования [5].

Результаты. Оценка остаточного содержания ДДТ, загрязняющих пищевые продукты (ПП), не выявила превышение гигиенических нормативов на уровне медианы во всех группах продуктов. На уровне Р_95 обнаружены превышения предельно допустимых уровней (ПДУ) остаточных количеств ДДТ только в зерновых, крупе и хлебобулочных изделиях, сахаре и кондитерских изделиях (табл. 1).

Таблица 1

Концентрации ДДТ в отдельных группах местных продуктов Республики Татарстан за 2014–2019 гг., мг/кг

Группа продуктов	ПДУ, мг / кг	Р_50	Р_95
Мясо и мясопродукты	0,1	0,0108	0,0380
Яйца	0,1	0,001	0,025
Молоко и молочные продукты	0,05–1,0	0,0022	0,0114
Рыба	0,02	0,0009	0,0039
Зерно, крупы и хлебобулочные изделия	0,02–0,05	0,0124	0,0571
Сахар и кондитерские изделия	0,005–0,15	0,0208	0,0784
Овощи и бахчевые (исключая картофель)	0,01	0,0043	0,0171
Картофель	0,1	0,003	0,025
Масло растительное и другие жиры	0,1	0,0278	0,1084

По результатам оценки экспозиции суммарное поступление ДДТ как на уровне медианы, так и на уровне Р_95 с продуктами питания составило 0,00069 и 0,0023 мг/кг/сут (табл. 2).

Таблица 2

Поступление ДДТ с продуктами питания

Группа продуктов	ДДТ		ДДТ	
	EDI, *Me*	EDI, 95P	*Me*, %	95P, %
Мясо и мясопродукты	2,46E-05	0,0001	3,57	4,44
Яйца	1,13E-06	0,000012	0,16	0,53
Молоко и молочные продукты	2,48E-05	7,88E-05	3,62	3,50
Рыба	5,76E-05	0,000255	8,37	11,31
Зерно, крупы и хлебобулочные изделия	0,00039	0,0013	56,65	57,67
Сахар и кондитерские изделия	7,09E-06	2,33E-05	1,02	1,03
Фрукты и овощи	5,79E-05	0,00025	8,41	11,10
Картофель	0,000122	0,00022	17,72	9,76
Масло растительное и другие жиры	3,31E-06	1,53E-05	0,48	0,68
Сумма	0,000688	0,00225	100,0	100,0

Ранжирование продуктов по вкладу в суммарную экспозицию показало, что до 45,27 % на уровне *Me* и 63,53 % на уровне 95 Р остаточных количеств ДДТ поступает в организм детей с зерном, крупяными и хлебобулочными изделиями. Экспозиционная доза с фруктами и овощной (кроме картофеля) продукцией составляет от 8,41 до 11,10 %, картофелем – от 9,76 до 17,72 %, рыбой и рыбной продукцией – от 8,37 до 11,31 %. Параметры опасности развития неканцерогенных эффектов ДДТ, поступающего пероральным путем, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры опасности развития неканцерогенных эффектов ДДТ

Показатель	CAS	RfD_o/ДСД*	Критические органы/системы
ДДТ	50-29-3	0,0005 /0,0025	Печень, гормональная

Примечание: * – ДСД для детей, мг/кг.

Расчеты показали, что величина суммарного неканцерогенного риска (*HI*) поступления ДДТ с основными группами продуктов (1,26 на уровне *Me* и 4,04 на уровне 95 Р) превысила безопасный минимальный уровень, равный 1,0. Уровень риска по медиане соответствовал критерию – допустимый (*HI* 1,1); по 95Р – настораживающему (рисунок).

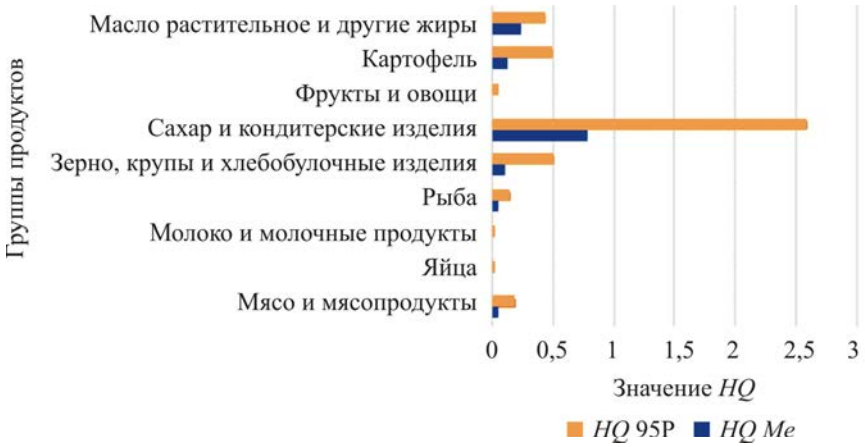


Рис. Величина неканцерогенного риска поступления ДДТ с основными группами пищевых продуктов

Повышенное содержание ДДТ в сахаре и кондитерских изделиях на уровне 95Р для детей определило настораживающий уровень риска (*HQ* = 2,6). Основную долю в величину неканцерогенного риска (95_Р) вносит поступление ДДТ с пятью группами пищевых продуктов: сахар и кондитерские изделия (57,75 %), зерно, крупы и хлебобулочные изделия – 11,33 %; картофель – 11,14 %, масло растительное и другие жиры в рационе (9,77 %) и мясо и мясопродукты – 4,44 %.

Результаты, полученные в настоящем исследовании, показали, что содержание ДДТ в различных видах продукции в г. Казани находится на том же уровне или ниже, чем в некоторых развитых странах, и в последние годы значительно снижа-

ется [13, 17]. Расчетное суточное поступление (EDI) для суммы всех соединений ДДТ составило для детей на уровне 95Р 0,0023 мг/кг/сут, что в 2 раза превышает рекомендованные допустимые суточные дозы (ADI), установленные ФАО/ВОЗ для ДДТ (0,001 мг/кг массы тела).

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» полученные значения составляют 27,5 и 90,2 % от ДСД для детей (0,0025 мг/кг). Мониторинг остаточных количеств ДДТ в пищевых продуктах показал, что их содержание определяется преимущественно на уровне ниже установленных гигиенических нормативов, что, однако, при длительном (хроническом поступлении) может оказывать химическую нагрузку и риск на организм чувствительных групп населения (дети). Определенную роль играет место и регион производства пищевых продуктов. Так, по результатам исследования [1] в мясе и мясной продукции, изготовленной в других регионах РФ, странах ЕАЭС и дальнего зарубежья (вне расположения Республики Татарстан), концентрации ДДТ (0,003 мг/кг) на уровне *Me* достоверно выше ($p < 0,001$), чем в продукции местного производства.

Выводы. По данным наших собственных исследований [10, 18], поступление с пищей является основным путем и источником непрофессионального воздействия пестицидов, в том числе ДДТ, среди детей и взрослых г. Казани. Результаты исследований показали высокую подверженность детей в возрасте 3–6 лет риску воздействия ДДТ, поступающего с пищевыми продуктами. Полученные данные говорят о необходимости усиления контроля за остаточным количеством ДДТ в продуктах, которые поступают с рационом питания детей. Использование пестицидов при производстве продуктов питания как для местного потребления, так и на экспорт должно осуществляться в соответствии с принципами гигиенического нормирования и надлежащей сельскохозяйственной практики независимо от экономического статуса страны. Улучшение качества питания с использованием в том числе международного опыта системы обеспечения и контроля за адекватностью питания населения, предотвращение употребления населением низкокачественных, загрязненных различными контаминантами ПП являются задачами первостепенной важности.

Список литературы

1. Бочаров Е.П. Научное обоснование мероприятий по совершенствованию системы регионального мониторинга факторов риска алиментарно-зависимых заболеваний: автореф. дис… канд. мед. наук. – Казань, 2021. – 24 с.

2. Лаврухина О.И. Химическая безопасность продуктов питания: контроль и нормирование содержания пестицидов в продукции животноводства // Химическая безопасность пищевой продукции. – 2019. – Т. № 1. – С. 157.

3. Май И.В., Никифорова Н.В. Методические подходы к оптимизации лабораторного контроля безопасности продукции в рамках риск-ориентированной модели надзора // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 2. – С. 205.

4. МУ 1.2.3216-14. Оценка риска воздействия остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах на население. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014. – 19 с.

5. 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.

6. Ракитский В.Н. Современный проблемы загрязнения пестицидами пищевых продуктов // Безопасность пищевой продукции и анализ риска: материалы международной конференции. – Пермь: Книжный формат, 2017. – С. 61–62.

7. Ракитский В.Н., Турусов В.С. Мутагенная и канцерогенная активность химических соединений // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2005. – № 3. – С. 7–9.

8. Руководство по комплексной профилактике экологически обусловленных заболеваний на основе оценки риска. – М., 2017. – 68 с.

9. Фомина С.Ф., Степанова Н.В. Неканцерогенный риск для здоровья детского населения г. Казани, обусловленный контаминацией пищевых продуктов и сырья // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 4. – С. 42–48.

10. Фомина С.Ф., Степанова Н.В. Подходы к оценке и управлению рисками здоровью населения, обусловленными поступлением химических контаминант с рационом питания // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: материалы IX Всероссийской науч.-практической конф. с международным участием. – Пермь, 2019. – С. 353–360.

11. Фролова О.А., Карпова М.В. Оценка риска развития канцерогенных и неканцерогенных эффектов при употреблении продуктов питания // Гигиена и санитария. – 2012. – № 5. – С. 107–108.

12. Хамитова Р.Я., Мирсаитова Г.Т. Современные тенденции в области применения пестицидов // Гигиена и санитария. – 2014. – № 4. – С. 23–26.

13. Concentrations and human health risk assessment of DDT and its metabolites in free-range and commercial chicken products from KwaZulu-Natal, South Africa / L.A. Thompson, Y. Ikenaka, Y.B. Yohannes [et al.] // Food Additives & Contaminants. – 2017. – Part A. – Vol. 34, № 11. – P. 1959–1969.

14. Estimated daily intake of organochlorine pesticides from dairy products in Brazil / J.S. Santos, Th.G. Schwanz, A.N. Coelho [et al.] // Food Control. – 2015. – Vol. 53. – P. 23–28.

15. Risk assessment of pesticide intake with local food products for adult health of the city of Kazan / N.V. Stepanova, E.R. Valeeva, A.I. Ziyatdinova [et al.] // Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. – 2020. – Vol. 8 (Spl-2-AABAS). – P. S349–S353.

16. Risk assessment for children exposed to DDT residues in various milk types from the Greek market / I.N. Tsakiris, M. Goumenou, M.N. Tzatzarakis [et al.] // Food and Chemical Toxicology. – 2015. – Vol. 75. – P. 156–165.

17. Stepanova N., Khamitova R., Kiyasov I. Endocrine disorders in children and adults caused by pesticides // European Journal of Clinical Investigation. – 2020. – Vol. 50. – P. 55–55.

18. Valeeva E.R., Ismagilova G.A., Stepanova N.V. Assessment of adolescents' exposure to non-carcinogenic risk associated with drinking water // Journal of Pharmacy Research. – 2017. – № 11 (10). – P. 1209–1213.

Зависимость изменения уровня химических веществ в крови от поступающих в организм пищевых компонентов

Д.Р. Хисматуллин, В.М. Чигвинцев

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

Близость селитебных зон к объектам промышленного комплекса может повысить риск развития различных заболеваний, снижая качество и продолжительность жизни населения. В качестве подхода по защите населения от негативного воздействия антропогенных факторов среды может выступать оптимизация питания. Исследование питания жителей неблагоприятных регионов необходимо для разработки рекомендательных материалов с целью снижения заболеваемости на популяционном уровне. Оценка суточного рациона питания детского населения исследуемой территории проводилась путем прямого анкетирования учащихся общеобразовательных школ. Разработанная анкета позволила получить информацию о суточном рационе питания, а также о способе приготовления ряда продуктов, что предоставило возможность выявить достоверные данные о поступлении макро-, микронутриентов в организм с пищей. Параллельно с анкетированием у опрошенных были определены концентрации химических веществ в крови. Построение моделей логистической регрессии позволило определить связь между уровнем биологически значимых веществ, поступающих в организм с продуктами питания, с концентрацией химических веществ в крови. Получены модели, описывающие взаимосвязь между снижением концентрации некоторых химических веществ в биологических жидкостях с увеличением в рационе питания важных пищевых компонентов, в том числе витаминов группы В, витаминов С и А, пищевых волокон и т.д. Корректировка рациона питания способна снизить концентрацию вредных химических веществ в крови.

Ключевые слова: питание, анкетирование, математическое моделирование, здоровье, химические вещества.

Негативные факторы окружающей среды являются одним из основных барьеров для стабильного социально-экономического развития страны. Приоритетными химическими веществами, оказывающие негативный эффект на здоровье человека, являются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), тяжелые металлы, взвешенные вещества и др. Риск возникновения и развития общетоксических, эмбриотоксических, мутагенных, канцерогенных и других эффектов от чрезмерного поступления указанных веществ с атмосферным воздухом зависит не только от их концентрации в воздухе, но и длительности экспозиции [1].

Связанные с неудовлетворительными качеством окружающей среды случаи заболеваний и смерти неизбежно приводят к потерям занятости экономически активного населения в процессе производства валового внутреннего продукта.

Обязанность обеспечивать рабочих вредных производств необходимыми продуктами питания или же денежным эквивалентом с целью снижения последствий влияния химических веществ регламентировано существующим федеральным законом [4]. Для населения, проживающего в неблагоприятных экологических ус-

ловиях, не существует разработанных рационов питания, направленных на предупреждение развития болезней, связанных с действием выбросов предприятий на организм. В качестве одной из мер профилактики длительного воздействия химических факторов рассматривается коррекция рациона питания с повышением доли растительной пищи, богатых пищевыми волокнами и аскорбиновой кислотой, а также другими микронутриентами.

Мировым сообществом ведется активное изучение влияния факторов внешней среды, в том числе питания, на протективные функции организма, с использованием при этом математических подходов.

Цель исследования – изучение влияние структуры питания на протективную способность организма в отношении химических веществ.

Материалы и методы. Для достижения цели исследования были опрошены учащиеся общеобразовательных учреждений, проживающие на исследуемых территориях Сибирского федерального округа. Всего в исследовании приняло участие 318 учащихся общеобразовательных школ в возрасте 7–18 лет. Обучающиеся приняли участие в анкетировании, позволившем получить информацию о фактическом потреблении макро-, микронутриентов. Разработанная анкета позволяет выявить информацию не только о фактическом потреблении продуктов питания, но и способе их приготовления, что дало возможность учитывать потерю различных пищевых компонентов при термической обработке. Химический состав суточного рациона питания рассчитан с использованием данных литературы [6]. Нормы потребления пищевых компонентов взяты из методических рекомендаций [3]. Параллельно с анкетированием у опрошенных проводился отбор проб с целью определения содержания химических веществ в крови.

Определение показателей химических веществ в крови проводилось в лаборатории методов атомно-абсорбционного и электрохимического анализа ФБУН ФНЦ МПТ УРЗН. Основными отраслями промышленности исследуемой территории являются цветная и черная металлургия, целлюлозно-бумажная и деревообрабатывающая промышленность, что определило список анализируемых веществ. Построены парные математические модели связи показателей тяжелых металлов в крови от количества поступающих в организм пищевых веществ. Для описания взаимосвязи используется следующее уравнение логистической регрессии:

$$y = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1 x)}}, \qquad (1)$$

где y – вероятность превышения концентрации химического вещества в крови; x – уровень поступления биологически значимого вещества; b_0, b_1 – параметры математической модели

Каждая модель характеризовалась уровнем значимости (p), отражающем адекватность модели, и величиной коэффициента детерминации (R^2), отражающем долю дисперсии зависимой переменной, объясненной моделью. Оба критерия отражают качество построенных моделей и свидетельствуют о статистической тесноте исследуемых зависимостей. Полученные парные модели прошли экспертизу на медицинскую достоверность.

Результаты. Мышьяк – широко распространенный в окружающий среде элемент. Мышьяк является канцерогенным агентом и вызывает множество нега-

тивных последствий для здоровья человека в краткосрочной и долгосрочной перспективе. Получены модели снижения вероятности повышения мышьяка от поступающих с пищей химических веществ.

Среди макронутриентов основным веществом, оказывающим влияние на концентрацию мышьяка в крови, является белок. Параметры модели зависимости снижения мышьяка от потребления белка с пищей: b_1 = 0,002; b_0 = -0,48; R^2 = 0,20; p = 0,00. На основании параметров взаимосвязи можно сделать вывод, что потребление белка в рамках нормы способно снизить концентрацию мышьяка в крови на 10 %. Повышение потребления белков, согласно опытным данным, ведет к снижению концентрации и токсичности мышьяка [14]. Сверхнормативное потребление белка может значительно снизить ненормативные концентрации тяжелых металлов в организме, но это приведет к дополнительным негативным эффектам, связанным с избытком питательных элементов.

Клетчатка, или же пищевые волокна, согласно проведенному моделированию, способна снизить вероятность нарушения концентрации мышьяка в крови. Параметры полученной модели снижения концентрации мышьяка от количества пищевых волокон в суточном рационе питания: b_1 = -0,003; b_0 = -0,33; R^2 = 0,64; p = 0,00. Пищевые волокна являются важным природным сорбентом, блокирующим доступ организма ко многим ксенобиотикам. Помимо этого, пищевые волокна усиливают моторику кишечника, сокращая тем самым эффективный период абсорбции ксенобиотиков [5].

Витамины группы В, согласно проведенному моделированию, ведут к снижению концентрации мышьяка в крови. Получены модели зависимости содержания тяжелого металла в крови от тиамина (B_1): b_1 = -0,28; b_0 = -0,36; R^2 = 0,21; p = 0,00; рибофлавина (B_2): b_1 = -0,33; b_0 = -0,24; R^2 = 0,33; p = 0,00; витамина B_6: b_1 = -0,06; b_0 = -0,50; R^2 = 0,11; p = 0,00; витамина B_9: b_1 = -0,002; b_0 = -0,49; R^2 = 0,33; p = 0,00. Результаты обзора литературы согласуются с полученными данными моделирования [8, 9, 16]. В рамках среднесуточного потребления витамина B_1, согласно параметрам модели, можно снизить показатель мышьяка в крови на 4 %. Благодаря увеличению содержанию витамина B_2 в рационе питания можно добиться уменьшения концентрации мышьяка в крови на 35 %. Визуализация полученной модели представлена на рис. 1. Потребление витамина B_6 в рамках суточной потребности позволяет снизить концентрацию мышьяка в крови на 7 %.

Также способствует выведению мышьяка из организма повышение потребления аскорбиновой кислоты. Параметры полученной модели: b_1 = -0,003; b_0 = -0,49; R^2 = 0,13; p = 0,00. В рамках суточной нормы существует возможность снизить концентрацию мышьяка на 9 %. Повышение содержания аскорбиновой кислоты в рационе питания способствует увеличению гепатопротекторого потенциала продуктов питания [9].

Свинец – яд политропного действия, оказывающий разрушительный эффект на эндокринную систему и обладающий канцерогенным эффектом. Воздействие высоких доз свинца оказывает крайне негативное действие на многие органы и системы организма. Особенно чувствительны к свинцу дети, всасывание у которых выше в 40–50 раз больше, чем у взрослых [2].

Получена модель, описывающая взаимосвязь между снижением концентрации свинца в крови от увеличения в рационе питания белка. Логистическая модель имеет параметры: b_1 = -0,0004; b_0 = -0,76; R^2 = 0,01; p = 0,00. Обогащение суточного

рациона белково-витаминными добавками повышает активность ферментов, антиокислительные и антагонистические свойства пищи. Аминокислоты, являющиеся структурными элементами белка, служат протекторами, предотвращающими свободные SH-группы от окисления [13]. Дефицит белка усугубляет риск токсической нагрузки свинца.

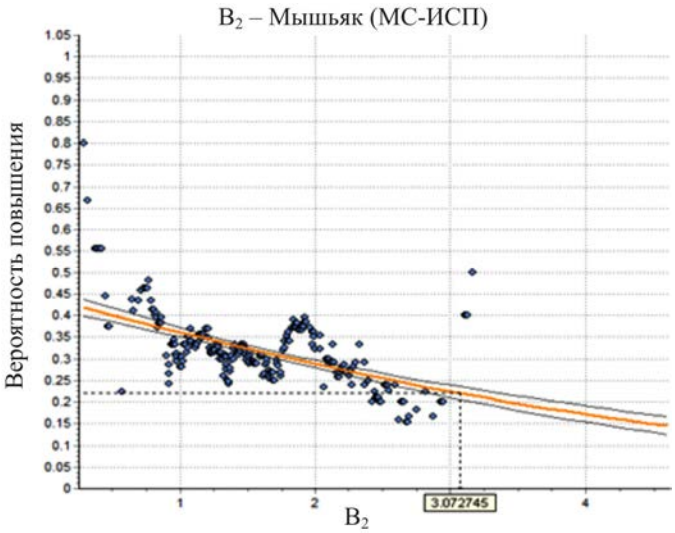


Рис. 1. Зависимость концентрации мышьяка от поступающего в организм рибофлавина

Математическая модель, описывающая снижение свинца в крови от поступающего в организм кальция, имеет параметры: b_1 = -0,003; b_0 = -0,49; R^2 = 0,13; p = 0,00. Кальций, поступающий из рациона питания, конкурирует со свинцом за абсорбцию в организме, снижая его всасываемость клетками кишечника. Диета, богатая кальцием, снижает накопление свинца в костной ткани, конкурируя с ним за абсорбцию [11].

Получена модель, описывающая снижение концентрации свинца в крови от количества потребляемой аскорбиновой кислоты с пищей. Параметры модели: b_1 = -0,002; b_0 = -0,27; R^2 = 0,08; p = 0,00. Визуализация полученной модели представлена на рис. 2.

Дефицит аскорбиновой кислоты приводит к снижению неспецифической резистентности к биоэффектам, к снижению уровня глутатиона в мембранах эритроцитов и нарушению функций мембранных комплексов. Данные нарушения усугубляют влияние свинца на структуру и функцию эритроцитов, в конечном итоге увеличивается риск свинцовой интоксикацией [15]. Потребление аскорбиновой кислоты в рамках суточной потребности снижает вероятность повышения свинца в крови на 6 %.

Витамин А влияет на барьерную функцию кожи, слизистых оболочек, проницаемость клеточных мембран, тем самым снижая абсорбцию химических веществ [7, 12]. Получены модели снижения концентрации свинца (b_1 = -0,0002; b_0 = -0,28; R^2 = 0,06; p = 0,00), мышьяка (b_1 = -0,0001; b_0 = -0,62; R^2 = 0,08; p = 0,00) в крови от количества потребляемого с пищей витамина А. В рамках суточной потребности существует возможность снижения концентрации свинца в крови на 8 %.

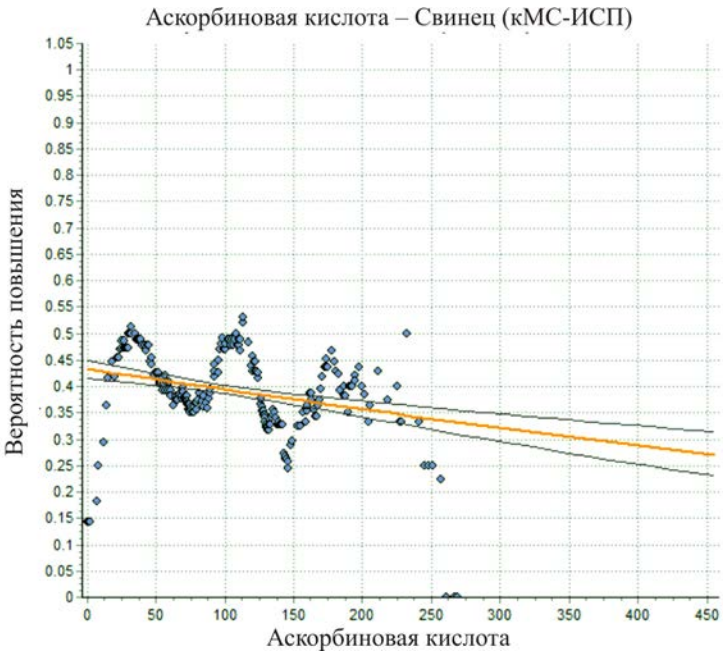


Рис. 2. Зависимость концентрации мышьяка от поступающей в организм аскорбиновой кислоты

Модель снижения концентрации цинка в крови, ассоциированная с увеличением пищевых волокон в рационе питания, имеет параметры: b_1 = -0,01; b_0 = -2,95; R^2 = 0,40; p = 0,00.

Выводы. Корректировка рациона питания способна снизить концентрацию химических веществ в крови путем повышения выделительной способности организма, снижения проницаемости мембран и повышения абсорбции пищевых компонентов. Согласно проведенному моделированию, благодаря поступающим в организм макро-, микронутриентам возможно значимое снижение концентрации в крови свинца, мышьяка, марганца, кадмия. Уменьшение химических веществ в крови может снизить риск развития заболеваний, связанных с негативным антропогенным влиянием. Полученные результаты позволяют дать количественную оценку влияния структуры питания населения на изменение концентрации химических веществ в крови, и, как следствие, на способность ежедневного рациона питания снижать вероятность развития заболеваемости и увеличивать продолжительность жизни. Работа может служить в качестве материала для составления методических рекомендаций о суточном рационе питания рабочих вредных производств и их семей и использоваться в просветительных целях о важности сбалансированного питания.

Список литературы

1. Бывалец О.А. К вопросу о влиянии загрязнения окружающей среды на здоровье человека // Вестник ЧелГУ. – 2014. – № 4 (333).

2. Клинико-токсикологическая характеристика свинца и его соединений / В.С. Кошкина, Н.Н. Котляр, Л.В. Котельникова, Н.А. Долгушина // Медицинские новости. – 2013. – № 1 (220).

3. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации 2.3.1.2432-08 / дата введения 2008-12-18. – М., 2008.

4. О качестве и безопасности пищевых продуктов: Федеральный закон от 02.01.2000 № 29-ФЗ (ред. от 13.07.2020). Статья 25.6. Особенности организации питания работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_25584/a66e37d9dc22c32ce3262e4737dff2400ba7d307/ (дата обращения: 29.03.2021).

5. Питание трудящихся во вредных условиях [Электронный ресурс] // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Тюменской области. – URL: http://72.rospotrebnadzor.ru/content/465/97160/ (дата обращения: 25.03.2021).

6. Тутельян В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания: справочник. – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 284 с.

7. Шамитова Е.Н., Серебрякова А.А., Жукова А.А. Витамин А и его роль в организме человека // Международный студенческий научный вестник. – 2019. – № 3. – С. 15.

8. Antiapoptotic efficacy of folic acid and vitamin B_{12} against arsenic-induced toxicity / S. Majumdar, A. Maiti, S. Karmakar, A.S. Das, S. Mukherjee, D. Das, C. Mitra // Environ Toxicol. – 2012. – Vol. 27 (6). – P. 51–63.

9. Ascorbic acid combats arsenic-induced oxidative stress in mice liver / P. Banerjee, S.S. Bhattacharyya, N. Bhattacharjee [et al.] // Ecotoxicol Environ Saf. – 2009. – Vol. 72 (2). – P. 639–649.

10. Associations of dietary intakes and serum levels of folate and vitamin B-12 with methylation of inorganic arsenic in Uruguayan children: Comparison of findings and implications for future research / G. Desai, A.E. Millen, M. Vahter, E.I. Queirolo, F. Peregalli, N. Mañay, J. Yu, R.W. Browne, K. Kordas // Environ Res. – 2020. – Vol. 189. – P. 109935.

11. Blood lead levels, calcium metabolism and bone-turnover among automobile technicians in Sagamu, Nigeria: Implications for elevated risk of susceptibility to bone diseases / N.L. Nwobi, J.C. Nwobi, E.N. Adejumo [et al.] // Toxicol Ind Health. – 2021. – Vol. 37 (11). – P.705–713.

12. Conaway H.H., Henning P., Lerner U.H. Vitamin a metabolism, action, and role in skeletal homeostasis // Endocr Rev. – 2013. – Vol. 34 (6). – P. 766–797.

13. Elias R.J., Kellerby S.S., Decker E.A. Antioxidant activity of proteins and peptides // Crit Rev Food Sci Nutr. – 2008. – Vol. 48 (5). – P. 430–441.

14. Influence of arsenic on selected biochemical blood parameters in rats fed diet with different fat and protein content / M. Bronkowska, K. Łoźna, D. Figurska-Ciura, M. Styczyńska, D. Orzeł, J. Biernat, P. Troskiewicz, J. Bogusz, P. Waligóra // Rocz Panstw Zakl Hig. – 2015. – Vol. 66 (3). – P. 233–237.

15. Simon J.A., Hudes E.S. Relationship of ascorbic acid to blood lead levels // JAMA. – 1999. – Vol. 281 (24). – P. 2289–2293.

16. Vitamin B-6 Intake Is Modestly Associated with Arsenic Methylation in Uruguayan Children with Low-Level Arsenic Exposure / G. Desai, M. Vahter, E.I. Queirolo, F. Peregalli, N. Mañay, A.E. Millen, J. Yu, R.W. Browne, K. Kordas // J Nutr. 2020. – Vol. 150 (5). – P. 223–1229.

Исследование процесса нагревания воздуха в носовой полости человека в процессе дыхания

М.Ю. Цинкер

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

В рамках создания многоуровневой модели накопления функциональных нарушений в организме человека под воздействием факторов среды обитания разрабатывается подмодель «мезоуровня» дыхательной системы. В качестве элемента разрабатываемой модели дыхательной системы данная статья посвящена исследованию процесса нагревания воздуха в носовой полости человека. С помощью численного моделирования были получены характеристики нестационарного течения вдыхаемого воздуха; представлены распределения температуры в носовой полости в разные моменты времени; выполнены оценки нагревания воздуха при различных температурах вдыхаемого воздуха. Полученные результаты могут быть использованы при моделировании возникновения и развития заболеваний органов дыхания, связанных с температурным фактором. Рассмотренные подходы могут быть применены для решения задач по оценке риска здоровью населения от климатических факторов среды обитания.

Ключевые слова: математическое моделирование, дыхательная система человека, носовая полость, нагревание воздуха, температура.

В рамках решения задач оценки влияния комплекса факторов среды обитания (химических, физических, климатических, биологических, социальных и др.) на здоровье человека, а также прогнозирования развития функциональных нарушений в человеческом организме, обусловленных действием факторов среды обитания, разрабатывается многоуровневая математическая модель эволюции функциональных нарушений человеческого организма [1, 3]. В данной многоуровневой модели человеческий организм моделируется набором взаимосвязанных органов и систем, для которых разрабатываются отдельные самостоятельные углубленные математические модели (подмодели «мезоуровня»).

Для учета влияния на состояние здоровья человека аэрогенных химических и климатических факторов среды обитания разрабатывается углубленная модель «мезоуровня» дыхательной системы [2, 4, 5]. Математическая модель дыхательной системы состоит из подмоделей течения воздуха в воздухоносных путях (верхних и нижних), легких человека.

Необходимость исследования процессов, протекающих в верхних воздухоносных путях, обусловлена выполнением ими жизненно важных защитных функций: нагревания вдыхаемого воздуха и очищение воздуха от пылевых частиц, которые необходимо учитывать при моделировании возникновения и развития заболеваний. Выполнение данных защитных функций возможно благодаря сложному анатомическому строению носовой полости. Проходя через носовую полость, представляющую собой искривленную сеть каналов переменного сечения с многочисленными выступами и неровностями, воздух, контактируя с ее стенками, нагревается и поступает в нижние дыхательные пути более теплым, что предотвращает возникновение заболеваний нижних дыхательных путей.

Таким образом, в рамках разработки математической модели дыхательной системы в представленной работе особое внимание уделено исследованию процесса нагревания воздуха в носовой полости человека.

Вдыхаемый воздух рассматривается как гомогенный однокомпонентный газ. Носовая полость разделена костно-хрящевой перегородкой на две половины (левую и правую), имеющих схожее строение относительно носовой перегородки. Будем рассматривать трехмерную усредненную геометрию правой части носовой полости, полученную на основе 60 наборов томографических снимков от 30 здоровых взрослых людей (30 правых и 30 зеркально отраженных (относительно носовой перегородки) левых носовых дыхательных путей) [6].

Движение воздуха происходит за счет перепада давлений на входе (ноздря) и выходе (хоана). На входе в носовую полость задается постоянное атмосферное давление (101 325 Па). На выходе задается закон изменения давления $p^{out} = 101325 - 98\sin(\frac{\pi}{2}t)$. Длительность вдоха составляет 2 с. Стенки носовой полости полагаются твердыми и неподвижными. На стенках носовой полости задается постоянная температура 36,6 °С.

В процессе продвижения по носовой полости вдыхаемый воздух нагревается за счет контакта со стенками. С помощью численного моделирования были получены характеристики нестационарного течения воздуха для различной температуры вдыхаемого воздуха (25 °С; 10 °С; 0 °С; –10 °С; –25 °С).

На рис. 1–3 представлены распределения температуры воздуха в одном из сагиттальных сечений носовой полости во время вдоха в различные моменты времени (0,1; 1; 2 с) для температуры вдыхаемого воздуха, равной 25 °С.

Слева на рис. 1–3 расположен вход в носовую полость (ноздря), справа – выход (хоана). На рисунках представлены нижний, средний носовые ходы, а также часть верхнего носового хода. Синий цвет на рис. 1–3 соответствует более холодному воздуха, красный – теплому; около входа в носовую полость наблюдаются наименьшие значения температуры, по мере прохождения воздуха вглубь носовой полости температура повышается и в области хоан имеет наибольшее значение.

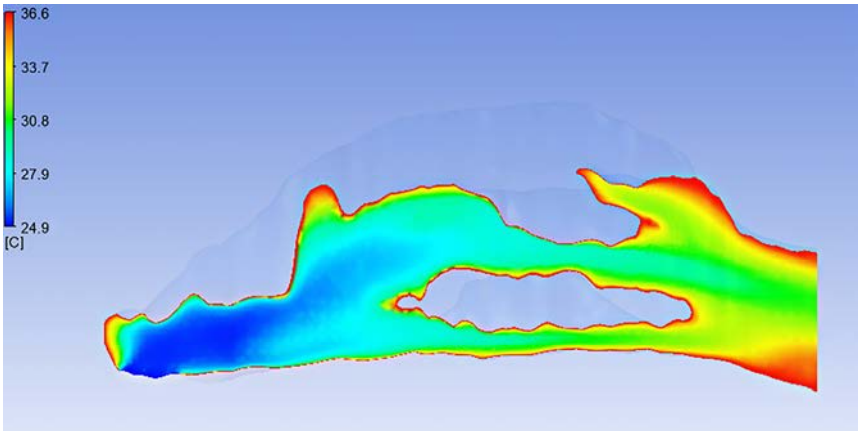


Рис. 1. Распределение температуры вдыхаемого воздуха (температурой 25 °С) в носовой плоскости во время вдоха в момент времени t = 0,1 с

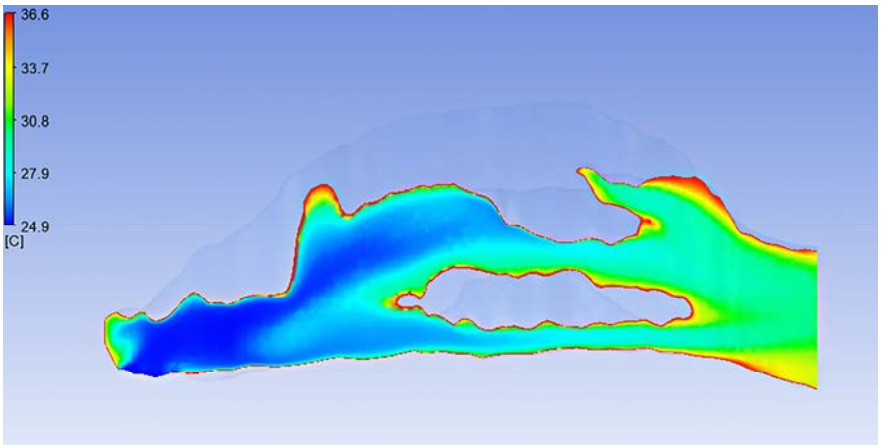


Рис. 2. Распределение температуры вдыхаемого воздуха (температурой 25 °С) в носовой плоскости во время вдоха в момент времени $t = 1$ с

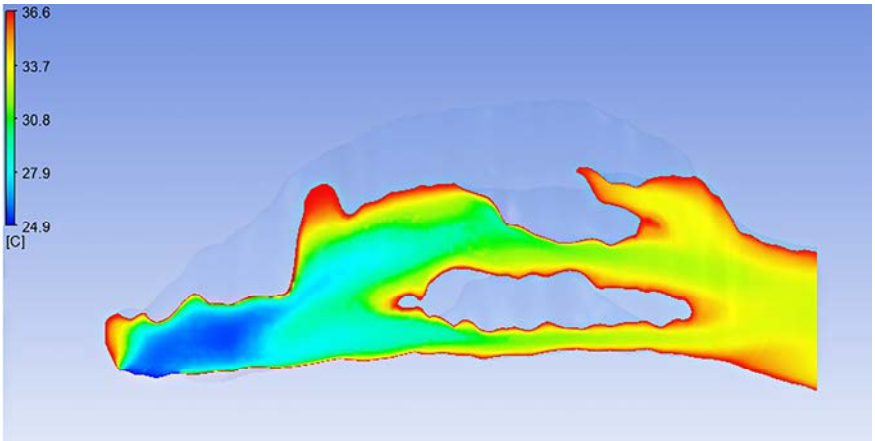


Рис. 3. Распределение температуры вдыхаемого воздуха (температурой 25 °С) в носовой плоскости во время вдоха в момент времени $t = 2$ с

Наибольшее нагревание воздуха происходит в начале и конце вдоха (см. рис. 1 и 3). В данные моменты времени скорости потока воздуха наименьшие, и воздух успевает больше прогреться за счет более длительного контакта со стенками носовой полости. В середине вдоха (см. рис. 2) вдыхаемый воздух прогревается меньше. Области около стенок прогреваются до более высоких температур (отмечены красным цветом на рисунках). На рис. 4 представлены значения температур в области выхода из носовой полости в течении вдоха для различной температуры вдыхаемого воздуха (25°; 10°; 0°; –10°; –25 °С).

Чем теплее вдыхаемый воздух изначально, тем более высокое значение температуры достигается в течение вдоха. Согласно полученным результатам численного моделирования, при температуре вдыхаемого воздуха 25 °С в процессе течения по носовой полости воздух нагревается до 31,5–34,2 °С (рис. 4).

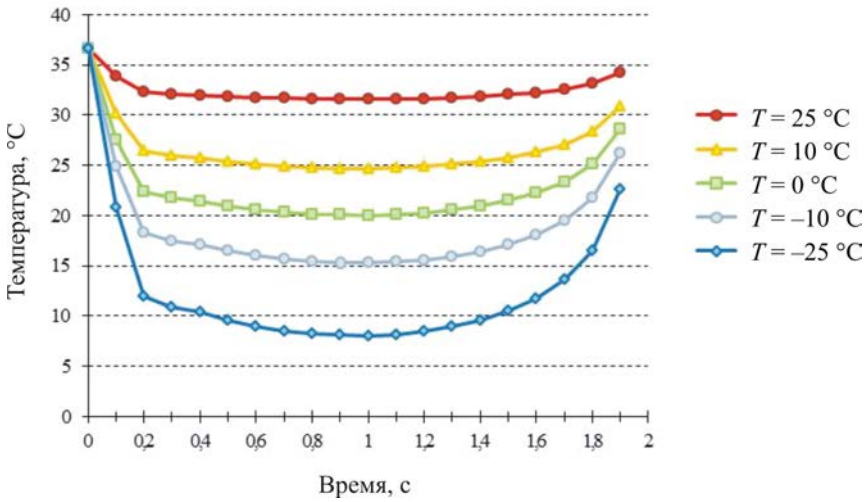


Рис. 4. Температура воздуха в сечении выхода из носовой полости при различных температурах вдыхаемого воздуха

Полученные результаты хорошо согласуются с данными, полученными в работе K. Inthavong [7] (вдыхаемый воздух температуры 25 °C нагревается до 34 °C), и близки к данным, приведенным в исследовании J.M. Garcia [8]. При температуре вдыхаемого воздуха 10 °C в процессе течения по носовой полости воздух нагревается до 24,5–31 °C; при температуре 0 °C – до 20,3–28,5 °C; при температуре –10 °C воздух нагревается до 15,3–26 °C; при температуре –25 °C – до 8–22,5 °C (рис. 4).

Таким образом, в рамках разработки математической модели дыхательной системы, численным способом был исследован процесс нагревания воздуха в носовой полости человека. Полученные результаты могут быть использованы при моделировании возникновения и развития заболеваний органов дыхания, связанных с температурным фактором. Рассмотренные подходы могут быть применены для решения задач по оценке риска здоровью населения от климатических факторов среды обитания.

Список литературы

1. Зайцева Н.В., Трусов П.В., Кирьянов Д.А. Концептуальная математическая модель накопления нарушений функций организма, ассоциированных с факторами среды обитания // Медицина труда и промышленная экология. – 2012. – № 12. – С. 40–45.

2. 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

3. Подход к оценке риска возникновевния нарушения здоровью под воздействием шума / И.В. Май, М.Ю. Цинкер, В.М. Чигвинцев, Д.Н. Кошурников // Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО. – 2011. – № 10 (223). – С. 10–12.

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.

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.

6. Creation of a standardized geometry of the human nasal cavity / Y. Liu, M.R. Johnson, E.A. Matida, S. Kherani, J. Marsan // J Appl Physiol. – 2009. – Vol. 106. – P. 784–795.

7. From CT scans to CFD modelling-fluid and heat transfer in a realistic human nasal cavity / K. Inthavong, J. Wen, J. Tu, Z. Tian // Eng. Appl. Comput. Fluid Mech. – 2009. – Vol. 3 (3). – P. 321–335.

8. Garcia J.M., Schroeter J.D., Kimbell J.S. Sniffing out airflow and transport processes in the nasal cavity // Fluent News Appl. Comput. Fluid Dynamics. – 2006. – Vol. 15. – № 3. – P. 3–5.

Авторский указатель

Алексеенко С.П. 245
Аликина И.Н. 73
Андриевская Е.В. 76, 255
Антипьева М.В. 429
Бабина С.В. 164
Багаева Е.Е. 346
Бачина А.В. 386
Бейгул Н.А. 223
Белова Е.В. 37
Белышева Л.Л. 76, 255
Беляева М.И. 189
Бестужева Е.В. 152
Бидевкина М.В. 85
Билялова А.С. 113
Богданов Р.В. 82
Бомбела Т.В. 215, 280
Бондарук А.М. 381
Брагина О.Н. 386
Буй Цао Тьен 228
Булатова Н.И. 328, 398
Бурдинская Е.Н. 127
Бухаринов А.А. 307
Валеева Э.Р. 113, 440
Василькевич В.М. 82
Вейхман Г.А. 61, 238
Вековшинина С.В. 42, 137
Велентей Ю.Н. 250
Виноградова А.И. 85
Власова Е.М. 340
Войтенко С.И. 76, 255
Войтова Н.В. 245
Волкова М.В. 377
Воробьева А.А. 340
Воронова А.В. 321
Воронцова О.С. 76, 255
Ву Тхи Транг 237
Вялых И.В. 145
Ганичев П.А. 352
Герегей А.М. 157
Гилева К.О. 259
Гимранова Г.Г. 223
Глебова Л.А. 386
Глухих М.В. 9, 263
Горбушина О.Ю. 340
Гореленкова Н.А. 434
Гребенкина Е.И. 215
Грынчак В.А. 93
Гусарова М.В. 157
Давлетнуров Н.Х. 270
Дворянов В.В. 152
Дианова Д.Г. 215, 280
Додина Н.С. 321, 434
Долгих О.В. 73, 215, 280
Дребенкова И.В. 89
Дроздова Е.В. 93, 285, 381
Дубовицкая Е.Н. 290
Дудчик Н.В. 297
Емельянова О.А. 297
Еремин Г.Б. 29, 352, 417
Ефимова Н.В. 97
Жеглова А.В. 301
Жуковская К. 28
Загороднов С.Ю. 307
Зайцева Н.В. 9, 21
Закирова О.М. 440
Зарицкая Е.В. 199, 352
Зверева Л.А. 317
Зеленкин С.Е. 101
Землянова М.А. 21, 328
Зенина М.Т. 313
Зиновкина В.Ю. 82
Зиятдинова А.И. 113
Зорина А.С. 317
Зорина И.Г. 107, 129
Ивашова Ю.А. 313
Исаев Д.С. 29, 417
Исмагилова Г.А. 113
Казак А.А. 270
Камалтдинов М.Р. 120
Каримова Л.А. 223
Карнажицкая Т.Д. 61, 317, 407
Карпущенко Г.В. 245
Каськов Ю.Н. 37
Кислицин В.А. 321, 434
Клейн С.В. 9, 42, 137
Климова А.А. 37
Ковшов А.А. 199
Колесов С.А. 66
Кольдибекова Ю.В. 21, 328
Конюхов А.В. 157
Копытенкова О.И. 352
Крылов А.А. 429
Кузнецов А.С. 152
Кузнецова Е.П. 440
Кузовкова А.А. 89
Кузьмина М.В. 97
Курганова О.П. 127, 334
Кшнясев И.А. 145
Ле Вьет Нган 237
Ле Динь Хай 237
Ле Тхи Туй 237
Ле Тхи Хонг Хао 228, 237
Леванчук Л.А. 29
Легошина С.Б. 129
Лемешко В.И. 157
Лешкова И.В. 340
Липован А.М. 107
Логинова В.А. 37

Луу Тхи Хуэйен Транг 237
Маврина Л.Н. 223
Мадеева Е.В. 346
Май И.В. 137
Макарова В.В. 107
Малудзе Г.Г. 440
Маркова О.Л. 352
Марченко Б.И. 357, 367
Матросенко М.В. 85
Милушкина О.Ю. 178
Мицукова А.А. 107
Мищенко В.А. 145
Мозжухина Н.А. 29, 417
Молдованов В.В. 152
Молок О.А. 373
Моцкус А.В. 245
Мулдашева Н.А. 223
Мясников И.О. 417
Назарянц А.А. 367
Натыкан Ю.А. 127
Нгуен Нху Туонг 237
Нгуен Тхи Фуонг Тао 237
Нгуен Тхи Хонг Нгок 228
Нгуен Ха Тхань 228
Недошитова А.В. 377
Неняйкин С.С. 161
Никифорова Н.В. 42, 229
Новикова И.И. 334
Новикова Ю.А. 199
Новожилова А.А. 157
Одегов А.А. 373
Осипова Е.М. 152
Осипова Т.С. 381
Парамонова Е.В. 386
Пережогин А.Н. 393
Пермина Г.Я. 270
Пермякова Т.С. 407
Пескова Е.В. 398
Плетникова О.А. 37
Плешкова А.А. 250
Позднякова М.А. 66
Пономарев А.Л. 373
Пономарева Т.А. 52
Пустовалова О.В. 328
Редько С.В. 238
Рейс Ж. 9
Руднева Е.А. 152
Рыжаков Н.Н. 321
Сагдеев Р.Г. 161
Свинтилова Т.Н. 381
Седусова Э.В. 164
Сергеева Е.Н. 334
Симонова Т.В. 386
Синицына О.О. 57
Скопина А.А. 245
Смертина Ю.Л. 37
Спенсер П.С. 9
Сперанская В.Г. 402
Старчикова М.О. 407
Стенно Е.В. 61, 238
Степанков М.С. 171, 412
Степанова Н.В. 113, 440
Степанова О.А. 73
Степанян А.А. 417
Суворов Д.В. 101
Судакова Е.В. 152
Суханов М.А. 290
Сухих Е.А. 429
Тарасенко К.С. 357
Тарасян Е.Г. 245
Татянюк Т.К. 434
Тихонова Н.А. 199
Тихонова Ю.Л. 178
Тран Цао Сон 228
Трошин В.В. 66
Трушникова И.В. 189
Турбинский В.В. 57
Уланова Т.С. 61, 238, 259, 317, 373, 377, 407, 429
Умнягина И.А. 66
Устинова О.Ю. 313
Устинович А.Ю. 250
Федоренко Е.В. 193, 381, 402
Федоров В.Н. 199
Федотова И.В 66
Филатова М.В. 107
Фомина С.Ф. 440
Хан А.В. 57
Ханхареев С.С. 346
Хасанова А.А. 42, 209
Хисматуллин Д.Р. 446
Цинкер М.Ю. 452
Четверкина К.В. 42
Чигвинцев В.М. 137, 446
Шашина Т.А. 321, 434
Шварц А.А. 417
Шептунов М.С. 127, 334
Ширинкина А.С. 215, 280
Штина И.Е. 313
Шур П.З. 238
Юргина О.М. 127, 334

Содержание

Раздел I. Актуальные проблемы санитарно-эпидемиологического благополучия и анализа рисков здоровью населения

Ж. Рейс, П.С. Спенсер
Внешнесредовое воздействие на здоровье и проблемы здравоохранения в Арктических и Субарктических регионах 9

Н.В. Зайцева, С.В. Клейн, М.В. Глухих
Влияние глобальных изменений климата в Арктической зоне и возможные последствия для здоровья 9

Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, Ю.В. Кольдибекова
Исследование показателей негативных эффектов у детей в условиях сочетанного воздействия аэрогенных химических и неблагоприятных климатических факторов 21

К. Жуковская
Проблемы с исследованиями в области нейродегенеративных заболеваний и факторов окружающей среды 28

Д.С. Исаев, Г.Б. Еремин, Н.А. Мозжухина, Л.А. Леванчук
Вопрос выбора источника информации об уязвимых органах и системах в процедуре оценки риска. Выполнение сравнительных расчетов неканцерогенного риска 29

Ю.Н. Каськов, В.А. Логинова, Ю.Л. Смертина, О.А. Плетникова, Е.В. Белова, А.А. Климова
Научно-методические аспекты оценки и управления рисками для здоровья населения в зоне влияния железнодорожного транспорта 37

С.В. Клейн, С.А. Вековшинина, Н.В. Никифорова, А.А. Хасанова, К.В. Четверкина
Проблемы анализа, прогнозирования и ранжирования химических рисков для здоровья (обзор научной литературы) 42

Т.А. Пономарева
Экспертиза профпригодности в условиях новой нормативной базы 52

О.О. Синицына, В.В. Турбинский, А.В. Хан
Методические подходы к использованию данных регионального фонда социально-гигиенического мониторинга для принятия управленческих решений по снижению риска здоровью населения 57

Т.С. Уланова, Т.Д. Карнажицкая, Е.В. Стенно, Г.А. Вейхман
Современное методическое обеспечение контроля атмосферного воздуха 61

И.А. Умнягина, С.А. Колесов, И.В Федотова, В.В. Трошин, М.А. Позднякова
Вклад Нижегородского научно-исследовательского института гигиены и профпатологии в работу санитарно-эпидемиологической службы России 66

Раздел II. Теория и практика оценки, прогнозирования и управления рисками здоровью, в том числе в условиях пандемии коронавирусной инфекции

И.Н. Аликина, О.В. Долгих, О.А. Степанова
Особенности экспрессии регуляторных Т-лимфоцитов в периферической крови детей с дисфункцией вегетативной нервной системы в условиях высокой техногенной нагрузки 73

Е.В. Андриевская, О.С. Воронцова, С.И. Войтенко, Л.Л. Белышева
Разработка методики одновременного определения каротиноидов (β-каротина, лютеина, зеаксантина) и витамина Е в биологически активных добавках методом высокоэффективной жидкостной хроматографии 76

В.М. Василькевич, Р.В. Богданов, В.Ю. Зиновкина
Основные результаты экспериментальной токсикологической оценки нанокомпозита пектин-серебро 82

А.И. Виноградова, М.В. Бидевкина, М.В. Матросенко
Риск ухудшения здоровья при ингаляционном воздействии инсектицидного средства на основе трансфлутрина 85

И.В. Дребенкова, А.А. Кузовкова
Методические подходы к определению концентраций токсичных элементов в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию, контактирующую с биоразлагаемой упаковкой 89

Е.В. Дроздова, В.А. Грынчак
Потенциал применения экспериментальных моделей патологии животных при оценке биологических эффектов химических веществ с целью их гигиенической регламентации 93

Н.В. Ефимова, М.В. Кузьмина
Заболеваемость органов дыхания в период пандемии COVID-19: дополнительные риски в промышленных центрах Иркутской области 97

С.Е. Зеленкин, Д.В. Суворов
К вопросу установления лимитирующего уровня содержания антибактериальных препаратов в пищевых продуктах животного происхождения на примере тетрациклиновой группы 101

И.Г. Зорина, В.В. Макарова, А.М. Липован, А.А. Мицукова, М.В. Филатова
Современные аспекты изучения уровня и качества жизни студентов-медиков в период пандемии 107

Г.А. Исмагилова, Э.Р. Валеева, Н.В. Степанова, А.С. Билялова, А.И. Зиятдинова
Сравнительная характеристика многосредового канцерогенного риска здоровью подростков г. Казани 113

М.Р. Камалтдинов
Разработка методов оценки эффективности целевых мер по снижению потерь здоровью населения Пермского края 120

О.П. Курганова, М.С. Шептунов, О.М. Юргина, Е.Н. Бурдинская, Ю.А. Натыкан
Опыт работы по детекции генетического материала возбудителя COVID-19 в образцах внешней среды в Амурской области 127

С.Б. Легошина, И.Г. Зорина
Аналитическая оценка загрязнения атмосферного воздуха и его негативного влияния на здоровье населения 129

И.В. Май, С.В. Клейн, В.М. Чигвинцев, С.А. Вековшинина
Прогнозирование рисков нарушения здоровья, наносимого несоблюдением требований к безопасности пищевой продукции, с учетом изменения объемов потребления на период до 2024 г. 137

В.А. Мищенко, И.А. Кшнясев, И.В. Вялых
Связь динамики риска атак иксодовых клещей с численностью популяций мелких млекопитающих 145

В.В. Молдованов, Е.В. Судакова, Е.А. Руднева, В.В. Дворянов, Е.М. Осипова, А.С. Кузнецов, Е.В. Бестужева
Оценка риска для здоровья населения от воздействия транспортного шума в г. Москве 152

А.А. Новожилова, А.М. Герегей, А.В. Конюхов, В.И. Лемешко, М.В. Гусарова
Исследование эргономических свойств средств индивидуальной защиты от биологических факторов медицинского персонала 157

Р.Г. Сагдеев, С.С. Неняйкин
Новые проблемы в сфере инфекции, связанной с оказанием медицинской помощи, мукормиоз 161

Э.В. Седусова, С.В. Бабина
Структурный анализ объектов санитарно-эпидемиологического надзора в Пермском крае 164

М.С. Степанков
Изучение особенностей бионакопления и токсического действия наночастиц оксида молибдена (VI) при многократном пероральном поступлении в организм в сравнении с микроразмерным аналогом 171

Ю.Л. Тихонова, О.Ю. Милушкина
Структура питания и оценка неканцерогенного риска здоровью детей первого года жизни 178

И.В. Трушникова, М.И. Беляева
Эпидемиологические особенности малярии в мире и в Российской Федерации в период пандемии COVID-19 189

Е.В. Федоренко
Информационная среда как фактор риска развития алиментарно-зависимых неинфекционных заболеваний 193

В.Н. Федоров, А.А. Ковшов, Ю.А. Новикова, Н.А. Тихонова, Е.В. Зарицкая
Анализ и характеристика рисков здоровью населения, проживающего в районах расположения морских портов Ленинградской области, от загрязнения атмосферного воздуха 199

А.А. Хасанова
Обоснование комплекса количественных критериев для оценки неканцерогенного риска здоровью населения при хроническом поступлении бензола с атмосферным воздухом 209

А.С. Ширинкина, Д.Г. Дианова, О.В. Долгих, Т.В. Бомбела, Е.И. Гребенкина
Изучение токсичности фенольных соединений на культуре клеток в системе *in vitro* 215

Раздел III. Риск-ориентированный санитарно-эпидемиологический надзор: методическое развитие, опыт применения, новые формы в условиях цифровой трансформации общества

Н.А. Бейгул, Л.К. Каримова, Н.А. Мулдашева, Г.Г. Гимранова, Л.Н. Маврина
Особенности организации контроля за производственными факторами рабочей среды на предприятиях по добыче медносульфидных руд 223

Нгуен Тхи Хонг Нгок, Буй Цао Тьен, Нгуен Ха Тхань, Тран Цао Сон, Ле Тхи Хонг Хао
Метод выявления нежелательных примесей в биологически активных пищевых добавках с помощью жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией высокого разрешения 228

Н.В. Никифорова
Выбор показателей для оценки эффективности и результативности надзора за пищевой продукцией 229

Ле Тхи Хонг Хао, Ву Тхи Транг, Нгуен Нху Туонг, Луу Тхи Хуэйен Транг, Ле Вьет Нган, Ле Динь Хай, Нгуен Тхи Фуонг Тао, Ле Тхи Туй
Оценка содержания бензола в пищевых продуктах, содержащих бензоатные соли и аскорбиновую кислоту 237

П.З. Шур, С.В. Редько, Т.С. Уланова, Е.В. Стенно, Г.А. Вейхман
Совершенствование методических подходов к применению модельных сред при тестировании пищевой алюминиевой фольги 238

Раздел IV. Санитарно-эпидемиологические проблемы регионов. Лучшие практики гигиенической оценки и анализа рисков здоровью в рамках национальных проектов «Экология», «Демография», «Жилье и городская среда», «Генеральная уборка» социально-гигиенического мониторинга

С.П. Алексеенко, Г.В. Карпущенко, Н.В. Войтова, А.А. Скопина, Е.Г. Тарасян, А.В. Моцкус
Опыт работы по выявлению незаявленных пестицидов и антибиотиков в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах Российской Федерации 245

Ю.Н. Велентей, А.А. Плешкова, А.Ю. Устинович
Уровни содержания тяжелых металлов в пищевой продукции, представленной на рынке Республики Беларусь в 2020–2021 гг. 250

С.И. Войтенко, Е.В. Андриевская, О.С. Воронцова, Л.Л. Белышева
Определение подсластителей сукралозы и аспартама в пищевой продукции и БАД методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с рефрактометрическим детектированием 255

К.О. Гилева, Т.С. Уланова
Спектральные методы для анализа микроэлементов в биологических объектах 259

М.В. Глухих
Влияние факторов социального стресса на ожидаемую продолжительность жизни населения РФ 263

Н.Х. Давлетнуров, А.А. Казак, Г.Я. Пермина
Динамика заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований в Республике Башкортостан в 2017–2021 гг. 270

Д.Г. Дианова, Т.В. Бомбела, О.В. Долгих, А.С. Ширинкина
Модификация фагоцитарной активности нейтрофильных гранулоцитов фенольными соединениями природного происхождения на примере 5,7,3′,4′-тетрагидроксифлавона 280

Е.В. Дроздова
Оценка экспозиции при комплексном поступлении бария в организм в условиях Республики Беларусь 285

Е.Н. Дубовицкая, М.А.Суханов
О развитии демографической ситуации в Ульяновской области по состоянию на 01.01.2021 290

Н.В. Дудчик, О.А. Емельянова
Инновационная технология дезинфекции средств индивидуальной защиты на основе генерирования аэрозолей кислородоактивных соединений с последующей плазменной обработкой 297

А.В. Жеглова
Анализ профессиональных рисков в системе сохранения трудового долголетия 301

С.Ю. Загороднов, А.А. Бухаринов
Некоторые проблемы установления границ санитарно-защитных зон в условиях градостроительных ограничений 307

М.Т. Зенина, И.Е. Штина, О.Ю. Устинова, Ю.А. Ивашова
Распространенность болезней щитовидной железы за период 2015–2020 гг. у детей, проживающих в Пермском крае 313

А.С. Зорина, Л.А. Зверева, Т.Д. Карнажицкая, Т.С. Уланова
Исследования содержания бенз(а)пирена в крови детского и взрослого населения, проживающего в различных условиях антропогенного воздействия 317

В.А. Кислицин, Т.А. Шашина, Н.С. Додина, Н.Н. Рыжаков, А.В. Воронова
Количественная характеристика экспозиции для оценки риска здоровью населения от воздействия атмосферных загрязнений при реализации федеральной программы «Чистый воздух»..... 321

Ю.В. Кольдибекова, М.А. Землянова, Н.И. Булатова, О.В. Пустовалова
Установление биомаркеров негативных эффектов сердечно-сосудистой системы у детей с повышенным содержанием алюминия и фторид-иона в моче 328

О.П. Курганова, М.С. Шептунов, Е.Н. Сергеева, О.М. Юргина, И.И. Новикова
Анализ вкусовых привычек школьников общеобразовательных организаций Амурской области, выполненный в рамках реализации национального проекта «Демография»..... 334

И.В. Лешкова, О.Ю. Горбушина, А.А. Воробьева, Е.М. Власова
Оценка воздействия полимера компаунд ЕРО-ТЕК 330 на состояние здоровья работников оптико-волоконного производства 340

Е.В. Мадеева, С.С. Ханхареев, Е.Е. Багаева
Об этапах внедрения методологии оценки риска для здоровья населения в Республике Бурятия 346

О.Л. Маркова, П.А. Ганичев, Е.В. Зарицкая, О.И. Копытенкова, Г.Б. Еремин
О выборе приоритетных веществ для оценки выбросов заводов по сжиганию осадков сточных вод 352

Б.И. Марченко, К.С. Тарасенко
Организация экологического мониторинга в промышленном городе на современном этапе. Состояние и проблемы 357

Б.И. Марченко, А.А. Назарянц
Современное состояние проблемы загрязнения природных вод фармацевтическими препаратами и их метаболитами 367

О.А. Молок, Т.С. Уланова, А.Л. Пономарев, А.А. Одегов
Выбор точек контроля электромагнитных полей радиочастотного диапазона 373

А.В. Недошитова, М.В. Волкова, Т.С. Уланова
Особенности определения кобальта в крови методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой 377

Т.С. Осипова, Е.В. Федоренко, Е.В. Дроздова, А.М. Бондарук, Т.Н. Свинтилова
Токсиколого-гигиеническая оценка вытяжек из образца полилактидной пленки с использованием тест-объекта *Tetrahymena Pyriformis*..... 381

Е.В. Парамонова, А.В. Бачина, Л.А. Глебова, О.Н. Брагина, Т.В. Симонова
Некоторые итоги реализации федерального проекта «Чистый воздух» на территории г. Новокузнецка..... 386

А.Н. Пережогин
Оценка эффективности санитарно-гигиенических мероприятий, направленных на обеспечение качества атмосферного воздуха и профилактику риска здоровью населения в городах с особо высоким уровнем загрязнения (на примере г. Братска) 393

Е.В. Пескова, Н.И. Булатова
Биоинформационный анализ белков с помощью баз данных (обзор литературы) 398

В.Г. Сперанская, Е.В. Федоренко
Обоснование экспериментального изучения антибиотиков тетрациклинового ряда с учетом алиментарной экспозиции 402

М.О. Старчикова, Т.С. Пермякова, Т.Д. Карнажицкая, Т.С. Уланова
Изучение содержания фенола и его производных в крови детского населения, проживающего в зоне влияния выбросов промышленных предприятий 407

М.С. Степанков
Исследование и оценка биохимических и гематологических показателей крови крыс при многократной ингаляционной экспозиции нано- и микрочастицами оксида молибдена (VI) 412

А.А. Степанян, Д.С. Исаев, Г.Б. Еремин, Н.А. Мозжухина, А.А. Шварц, И.О. Мясников
Оценка риска здоровью населения при употреблении питьевой воды из подземных источников в Приозерском районе Ленинградской области 417

Е.А. Сухих, А.А. Крылов, М.В. Антипьева, Т.С. Уланова
Определение мелкодисперсных фракций взвешенных частиц в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной зоны фармацевтического предприятия 429

Т.К. Татянюк, Н.С. Додина, Т.А. Шашина, Н.А. Гореленкова, В.А. Кислицин
Гигиеническая оценка эффективности использования наилучших доступных технологий (на примере объектов по обращению с отходами) 434

С.Ф. Фомина, Н.В. Степанова, Г.Г. Малудзе, Э.Р. Валеева, Е.П. Кузнецова, О.М. Закирова
Безопасность продуктов питания в Республике Татарстан: контроль и оценка риска остаточных количеств ДДТ в основных группах продукции 440

Д.Р. Хисматуллин, В.М. Чигвинцев
Зависимость изменения уровня химических веществ в крови от поступающих в организм пищевых компонентов 446

М.Ю. Цинкер
Исследование процесса нагревания воздуха в носовой полости человека в процессе дыхания 452

Авторский указатель 457

Научное издание

АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ – 2022
Фундаментальные и прикладные аспекты обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения
совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2022

100-летию Санитарно-эпидемиологической службы России посвящается

Материалы
XII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

(Пермь, 18–20 мая 2022 г.)

В двух томах

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

Том 1

Корректор *М.Н. Афанасьева*

Подписано в печать 17.05.2022. Формат 70×100/16.
Усл. печ. л. 36,8. Тираж 200. Заказ № 86/2022.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.